

Über die Druckverhältnisse
in der Resthöhle
nach Pneumonektomie

von

Hannes Sautter
aus Roth/Nürnberg

E-M.
=
1961

Aus der Chirurgischen Universitätsklinik

E r l a n g e n

Direktor: Prof. Dr. med. G. Hegemann

Ü b e r d i e D r u c k v e r h ä l t n i s s e
i n d e r R e s t h ö h l e n a c h
P n e u m o n e k t o m i e

Inaugural - Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Friedrich-Alexander-Universität
zu
Erlangen-Nürnberg

Vorgelegt von
H a n n e s S a u t t e r
aus Roth/Nürnberg

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan: Prof. Dr. G. Hegemann

Referent: Priv.-Doz. Dr. W. Behrends

Korreferent: Prof. Dr. G. Hegemann

Tag der mündlichen Prüfung: 15.12.61.

I n h a l t s a n g a b e

Einleitung	Seite 1
Anatomische und physiologische Vorbemerkungen	2
Pathophysiologie	
Pneumothorax	6
Die Resthöhle nach Pneumonektomie	9
Luftdruckverhältnisse in der Resthöhle	17
Eigene Untersuchungen	
Beobachtungsgut	19
Die Druckmessung	21
Epikritische Betrachtungen	22
Diskussion der Untersuchungsergebnisse	26
Schlußfolgerungen	34
Zusammenfassung	35
Tabellen	36
Kurven	46
Literaturangaben	56



Digitized by the Internet Archive
in 2026

ÜBER DIE DRUCKVERHÄLTNISSE
IN DER PLEURA-RESTHÖHLE
NACH PNEUMONEKTOMIE

Die Thoraxchirurgie hat in den letzten zwanzig Jahren vor allem durch die Entwicklung der modernen Anaesthesie, durch neue Erkenntnisse über die Bedeutung der gezielten Vor- und Nachbehandlung und durch die Anwendung wirksamer Antibiotica - weniger durch die Verbesserung der Operationstechnik - große Fortschritte gemacht.

Auf der ganzen Welt werden heute mit Erfolg Lungenoperationen durchgeführt, unter denen die Entfernung eines Lungenflügels einen großen Anteil hat. Das gilt in erster Linie für die Behandlung des Lungen-Carcinoms, aber auch für die zerstörte Lunge anderer Genese (Tbc, Bronchiektasen, Wabenlunge). Die Mortalität der Pneumonektomie beträgt heute, unabhängig von dem Alter und dem Grundleiden der Kranken, etwa 10 - 15 %.

Es gibt ein umfangreiches Schrifttum über die klinisch zu beobachtenden Folgen der Pneumonektomie. So weiß man, daß schon bald nach der Operation Schrumpfungsvorgänge der Resthöhle einsetzen, die den Pleurahohlraum völlig zur Verödung bringen können, daß eine starke Verziehung des Mediastinums ein Emphysem der Gegenseite beschleunigen kann, daß die Verdrehung der Mediastinalorgane - besonders der großen Gefäße und des Herzens - die Herzfunktion beeinträchtigen kann und daß die Hauptgefahr ein Empyem in dem großen Hohlraum ist. Man hat auch festgestellt, daß die Kranken einige Monate nach der Operation über ein Oppressionsgefühl, oft verbunden mit zunehmenden Atembeschwerden, klagen und diese Veränderungen auf einem stark veränderten pathologischen Luftdruck im Restcavum beruhen. Wird der Pleuraspalt punktiert und ein Druckausgleich mit der atmosphärischen Luft herbeigeführt, so verschwinden diese Beschwerden in der Regel sofort.

FREY, als erfahrener Thoraxchirurg, hat erst kürzlich resignierend festgestellt: "Das Problem der Resthöhle ist noch nicht gelöst" (15). Es ist uns nicht bekannt, ob die Entwicklung in der Pneumonektomieresthöhle bezüglich der Druckverhältnisse bereits experimentell durchforscht wurde. Da diese Frage für die Klinik von praktischem Interesse ist, wurde bei sieben pneumonektomierten Kranken und bei sechs Hunden in gewissen Zeitabständen der intrapleurale Druck in der leeren Pleurahöhle gemessen. Über die Ergebnisse und die aus den Befunden zu ziehenden Folgerungen soll berichtet werden.

ANATOMISCHE UND PHYSIOLOGISCHE VORBEMERKUNGEN

Der Pleuraspalt

Die Brusthöhle ist mit einer serösen Haut ausgekleidet. Diese liegt als parietale Pleura der Brustwand, als mediastinale Pleura dem Mittelfell an und umhüllt als viscerale Pleura die Lunge. Zwischen der Lungenpleura und der Brustwandpleura findet sich ein kapillärer Spaltraum, der normalerweise nur wenige Kubikzentimeter Luft enthält. In diesem Cavum pleurae wird nur ein negativer Druck gemessen, der beim Ein- und Ausatmen schwankt. Dieser negative Druck entsieht dadurch, daß die Lunge durch ihre Elastizität das Bestreben hat, sich zum Hilus hin konzentrisch zu verkleinern (11).

Das Mediastinum

Funktionell-physiologisch betrachtet, stellen die beiden Wände der Pleura mediastinalis eine Doppelmembran dar, welche zwischen den beiden Lungenflügeln ausgespannt ist. Da der Druck in der rechten und linken Thoraxkammer verschieden hoch ist, muß sich bei

der Atmung das Mittelfell, je nach der Höhe der Druckdifferenz, wie die Membran eines Differentialmanometers verändern, wie am Beispiel der Thoraxdurchleuchtung gezeigt werden kann. Unter normalen Umständen steht das Mittelfell bei der Atmung fast still und macht bei der Inspiration geringe Schwingungen nach der rechten Seite, erklärbar durch die Massendifferenz der rechten und linken Lunge. Bei forcierter Inspiration nimmt das Abwandern nach der rechten Seite zu, um bei der Expiration wieder in Mittelstellung zurückzugehen. Dieses "Mediastinalflattern" ist physiologisch; es verursacht keine Störung der Atmung und des Kreislaufs (32). Analog dem negativen Druck in der Brusthöhle herrscht auch im Mittelfellraum ein negativer Druck, der den gleichen respiratorischen Schwankungen wie im Pleuraspalt unterworfen ist.

N o r m a l e D r u c k v e r h ä l t n i s s e i m P l e u r a s p a l t

Fragt man sich nach den U r s a c h e n des U n t e r -
d r u c k s im Pleuraspalt, so ergibt sich eine Erklärung aus der Tatsache, daß sich die Brustwand dem Wachstum des Lungengewebes nicht unmittelbar anpaßt, sondern dieses mit ihrem eigenen Wachstum schon in frühester Zeit weit überschreitet. Diese Größendifferenz ist schon bei der Geburt vorhanden und nimmt während des Lebens zu. Die H ö h e des Unterdrucks wird durch die Gesamtwirkung der elastischen Lungenelemente bestimmt, derjenigen Saugkraft, die notwendig ist, um die Pleurablätter zur Kohärenz zu bringen. Das erstmalige Zustandekommen des Unterdrucks rührt von der primären, intrauterin praeformierten Kohärenz der Pleurablätter her. Im Moment der Geburt, bei der ersten Inspiration, erfolgt die erste Beanspruchung, und zwar dadurch, daß der Brustkorb der allseitigen Kompression der Uterusmuskulatur entgleitet, einen Aufrichtungs- und Entfaltungsprozess durchmacht und die Tonisierung der Atemmuskulatur einsetzt. Für das Ent-

stehen und die Erhaltung der Kohärenz von Pleura visceralis und Pleura parietalis intra vitam sind die stark gasresorptiven Kräfte der Pleurablätter verantwortlich, die immer dann in Tätigkeit treten, wenn Spuren von Gas in den Pleuraspalt eindringen. Ein gutes Beispiel dafür, daß diese Kräfte stärker sein müssen als der Lungenzug, ist der geschlossene Pneumothorax, der durch die spontan einsetzende Luftresorption verschwindet (33).

Der physiologischer Weise im Vergleich zur atmosphärischen Luft im Thorax inneren herrschende Unterdruck ist einerseits bedeutungsvoll für die Atemmechanik, andererseits auch für den venösen Rückfluß zum Herzen. Durch die Kohärenz der Pleurablätter muß die Lunge in der Einatmungsphase dem Zug folgen, der durch das Heben des Thorax und das Senken des Diaphragmas entsteht und der dem zum Hilus gerichteten elastischen Faserzug der Lunge entgegen gerichtet ist. Durch die Vergrößerung des Alveolarraums strömt Luft in die Lunge ein. In der Ausatemphase folgt die Lunge wieder dem Zug ihrer elastischen Fasern und zieht sich zusammen, wobei die Luft ausgepreßt wird (81). Kreislaufdynamisch wirkt sich das so aus, daß das Blut in die großen Körpervenen eingesaugt wird, wodurch der venöse Rückfluß zum Herzen begünstigt wird. KILLIAN (33) hat in diesem Zusammenhang von einer "Unterdruckförderung" gesprochen.

Die Drucke im Pleuraspalt schwanken bei der Atmung. Am niedrigsten sind sie bei maximaler Einatmung, am höchsten bei maximaler Ausatmung und können noch gesteigert werden durch Hustenstöße.

DONDERS gibt die Differenz gegenüber dem Atmosphärendruck bei tiefster Inspiration mit maximal etwa -12 bis -20 mm Hg an, bei Expiration mit -5 bis -3 mm Hg (81). Es handelt sich hierbei nicht um absolute Werte. Der Druck im Pleuraspalt schwankt von Mensch zu Mensch, ist abhängig vom Alter und nicht einmal beim selben Menschen an allen Stellen gleich (11).

Auch sind die Ergebnisse der Untersuchungen, die sich besonders mit diesem Problem befaßt haben, uneinheitlich, wie aus nachstehender Tabelle hervorgeht:

Autor	Ruhe	Inspirium	Expirium
DONDERS (81)		-12,-20 mm Hg	-5,-3 mm Hg
HUMAN PHYSIOLOGY (51)		-10,-15 mm Hg	-8,-5 mm Hg
REIN (53)	-2,-4 mm Hg	-15,-30 mm Hg	
HOFBAUER (26)		-4,2;-5,2mmHg	-2,5;- 3 3 mm Hg
BRUNNER (11)		-10 cm H ₂ O	-7 cm H ₂ O
VOGT (75)	-2,-5cm H ₂ O	-12,-20 cmH ₂ O	
HERZOG (25)		-6,-8 cm H ₂ O	-2,-4 cm H ₂ O

Im Durchschnitte ergeben sich hieraus für die Einströmung ein Interdruck von etwa 15 mm Hg, für die Ausströmung von 5 mm Hg. HERZOG (25) hat beim Menschen - der stärksten Form der Ausströmung - Druckwerte bis zu +140 mm Hg festgestellt.

PATHOPHYSIOLOGIE

Der Pneumothorax

Jede Luftansammlung im Brustfellraum wird als Pneumothorax bezeichnet, gleichgültig, ob die Luft von außen - durch die Brustwand oder vom Bronchialsystem in den Pleuraspalt gelangt. Klinisch und therapeutisch wichtig ist die Unterscheidung von offenem und geschlossenem Pneumothorax.

Durch willkürliches Einbringen einer bestimmten Luftmenge in den Pleuraraum, zu therapeutischen Zwecken bei der Lungen-Tbc zum Beispiel, entsteht ein geschlossener Pneumothorax. Ein offener Pneumothorax kann in einen geschlossenen übergehen, wenn sich das Luftloch in der Lungenpleura oder - sicherlich ein seltenes Ereignis - in der Brustwand wieder von selbst schließt. Abgesehen von einer Reduzierung des Atemvermögens ist der Atemmechanismus beim geschlossenen Pneu nicht gestört, da die Brustkorb- und Zwerchfellbewegungen physiologisch erfolgen. Aus diesem Grund vergrößert sich in der Einatemphase auch die kollabierte Lunge (11). Bei der Einatmung wird das Luftpelster als Widerlager wirken, so daß die Verschiebung des Mediastinums nach der Seite des Pneumothorax gering bleibt und es in der Ausatmung zurückschwingt (32).

Der Prototyp für den nach außen offenen Pneumothorax ist der Zustand während der Thorakotomie. Dieser ist auf die Dauer mit dem Leben nicht vereinbar und führt bereits in kürzester Zeit zu schwersten Rückwirkungen auf die Funktion der Lungen, auf Herz und auf Kreislauf. Die Veränderungen können beherrscht werden durch einen intrabronchialen Überdruck, der den fehlenden negativen Pleuradruck ersetzt. Dieser intrabronchiale Überdruck ist das wesentlichste Merkmal der modernen Anaesthesieverfahren bei Thoraxoperationen und hat erst die gefahrlose Brustkorberöffnung ermöglicht. Beim offenen Brustkorb folgt die Lunge ihrer Elastizität und zieht sich von der Brustwand zurück; im

geöffneten Thoraxraum herrscht äußerer Luftdruck, der sich bei den Atembewegungen des Brustkorbs nicht mehr ändert. Ohne Überdruckbeatmung kommt es zur "paradoxen Atmung", zu Mediastinalflattern und zur Pendelluft (11). Diese Erscheinungen sind in gleicher Weise vorhanden bei offenen Brustkorbverletzungen und sind abhängig von der Größe der Thoraxwunde. Das Mittelfell gibt, da auf der Pneumothoraxseite in allen Atemphasen der äußere Luftdruck herrscht, in der Inspiration der stärkeren Belastung von der eröffneten Seite her nach und wird zur gesunden Seite gedrängt. In der Expiration herrscht ein stärkerer Druck auf der uneröffneten Seite, da der Brustkorb und die Lunge sich verkleinern, und das Mittelfell wölbt sich in die offene Seite vor (SAUERBRUCH, 60).

Beim i n n e n o f f e n e n Pneumothorax besteht eine Verbindung zwischen Bronchialbaum bzw. Lungenoberfläche und dem Brustfellraum. In der Regel ist das Loch klein. Die bei der Inspiration in den Pleuraraum eingedrungene Luft kann bei der Expiration nicht oder nur in geringem Maße zurückfließen, so daß die Erscheinungen des nach außen offenen Pneumothorax (Mediastinalflattern, Pendelluft, paradoxe Atmung) meist nicht auftreten können. Die größte Gefahr besteht darin, daß die Öffnung während der Ausatemphase ventilartig verschlossen wird, so daß in jeder Atemphase etwas Luft einströmt, die Lunge schließlich völlig kollabiert und im Pleuraspalt ein Überdruck entsteht, der das Mediastinum nach der Gegenseite drängt. Ein solcher V e n t i l - p n e u m o t h o r a x geht dann in einen S p a n n u n g s - p n e u m o t h o r a x über (11). So wird also zunächst die Lunge auf der Seite des Pneu funktionell ausgeschaltet und schließlich die Atemleistung der Gegenseite durch die Verdrängung des Mediastinums beeinträchtigt. Zunehmender Lufthunger führt zu forcierter Atmung und begünstigt das Einströmen weiterer Luftmengen. Klinisch ist die Ausatmung erschwert. Als Zeichen der Kompressionswirkung auf die großen Venen besteht eine Einflußstauung und schließlich kommt es infolge verminderten Schlagvolumens zu den Zeichen des Herz-Kreislauf-Versagens (NIESSEN, 45). Nur bei vor-

schwartetem starrem Mediastinum ist diese Gefahr nicht gegeben (32, 81).

Beim g e s c h l o s s e n e n Pneu wird die in den Pleura-
raum eingedrungene Luft allmählich resorbiert, da die absorptive
Kräfte der Pleura stärker sind als der Lungenzug. (39, 53). Beim
Therapeutischen Pneu wird der Organismus hierfür etwa 6-8 Wochen
benötigen (67), obwohl durch die häufige Luftinstallation die
Pleura allmählich dicker wird und die Resorptionsleistung nach-
läßt. Bei gesunden, zarten Pleurablättern, etwa beim Spontanpneu-
mothorax, geht die Gasaufsaugung schneller von statten, als bei
verdickter, d.h. mit Fibrin belegter Pleura (75).

Nach LOESCHKE (39) und JOST (30) ist die A b s o r p t i o n
v o n G a s e n als einfacher D i f f u s i o n s v o r -
g a n g aufzufassen, der abhängig ist von der Größe des Druck-
gefälles zwischen Gewebe und Gasen. Diese Druckdifferenz ist bei
den einzelnen Gasen verschieden groß und beträgt bei dem mit
Mischgas gefüllten Pneu etwa 40 mm Hg. Bei der atmosphärischen
Luft werden die einzelnen Gase nicht zur gleichen Zeit resor-
biert, sondern entsprechend ihrem Partialdruck und ihrem Diffu-
sionsvermögen zeitlich nacheinander. Am schnellsten verschwindet
die Kohlensäure, etwas langsamer der Sauerstoff, und am längsten
hält sich der Stickstoff (30, 39, 72, 73, 75).

Diese Betrachtung der Verhältnisse und Vorgänge bei den verschie-
denen Formen war notwendig, da die Pneumonektomiehöhle während ih-
res ganzen Bestehens nichts anderes als ein spezieller Fall des
Pneumothorax mit seinen verschiedenen Varianten ist. Während der
Operation haben wir einen offenen Pneumothorax, dieser wird
durch den Brustwandverschluß in einen geschlossenen verwandelt.
Bei einer Stumpfinsuffizienz oder bei einer kleinen pleuropulmo-
nalen Fistel kann es wie beim Spannungspleumothorax zu einem sehr
erheblichen Überdruck im Pleuraraum kommen. Exsudation und Infek-
tion sind auch beim traumatischen oder therapeutischen Pneu kei-
ne seltenen Ereignisse. Bei der regelmäßig zu beobachtenden all-

mühlichen Verkleinerung der Resthöhle spielen die resorptiven Kräfte zweifellos eine überragende Rolle. Der wesentlichste Unterschied jedoch zwischen Pneumothorax und Resthöhle nach Pneumonektomie besteht darin, daß der letzteren durch die Entfernung des Lungenflügels ein ausdehnungsfähiges Medium fehlt und somit die Höhle nur durch Schrumpfungsvorgänge spontan verschwinden kann.

D i e R e s t h ö h l e n a c h P n e u m o n e k t o m i e

Nach einer Lungenflügelentfernung bleibt im Thorax ein großer Hohlraum zurück. Der Körper hat das Bestreben, diesen Hohlraum, wie jede andere künstliche Höhle, zu verkleinern. Auf welche Art das geschieht, hängt von der Art des Grundleidens, dem Typ des Eingriffs und eventuellen postoperativen Komplikationen ab (19, 37). Es ist dafür in jedem Fall ein längerer Zeitraum erforderlich, der im günstigsten Fall einen Monat, in der Regel aber ein Jahr beträgt. In Tierexperimenten hat FRICK (20) diese Resthöhle nach Pneumonektomie über ein Jahr verfolgt und festgestellt, daß nach diesem Zeitraum auch die letzten Luftreste verschwunden sind. THOMAS (4) hat nachgewiesen, daß der Hohlraum durchschnittlich sogar schon nach einigen Monaten vollständig obliteriert ist. Bei Kindern geht die Raumverkleinerung rascher von statten als bei Erwachsenen mit starren Geweben, da die elastischeren Gewebe sich den Erfordernissen besser anpassen können. Die wesentlichsten

Faktoren zur Verkleinerung der Resthöhle sind Veränderungen der Brustwand auf der operierten Seite, des Zwerchfells, des Mittelfells, eine Volumenzunahme der Restlänge, sowie eine langsame Umwandlung des Resthöhlenexsudats in Bindegewebe (20). Am übersichtlichsten läßt sich das Schicksal der Resthöhle darstellen, wenn man die zur Verkleinerung der Resthöhle wichtigen Faktoren nicht in der chronologischen Folge ihres Auftretens bespricht, sondern mit den Veränderungen der Brustwand beginnt (9).

Der Brustkorb "fällt" im Anschluß an die Pneumonektomie über der leeren Körperhöhle in sich zusammen, wenn auch zunächst nur angedeutet (BÜCHNER, 9), da diesem Bestreben durch die Rippen Grenzen gesetzt sind. Der knöcherne Brustkorb macht in seiner Form ganz charakteristische Veränderungen durch: die oberen Rippen stellen sich steiler, ihre Concavität flacht sich ab. BEHREND (4) hat dies besonders bei jungen Individuen beobachtet, deren Knochen noch elastisch sind und dem Schwartenzug stärker nachgeben. Die Interkostalräume werden schmaler (4, 8, 9, 21, 31, 62, 64, 71, 78, 79), während auf der gesunden Seite (es ist eine Folge der vermehrten Atemleistung dieser Lunge) eine Erweiterung der Zwischenrippenräume beobachtet wird. (21, 31). KAWAMURA (31) beschreibt ein Herabsinken der oberen Thoraxapertur. GONZALES (21) hat die Durchmesser der beiden Thoraxhälften gemessen und einer Verminderung der lateralen Durchmesser, vor allem der anterior-posterioren, auf der operierten Seite bei einer Vergrößerung derselben auf der gesunden Seite gefunden. Die Verengung der Interkostalräume kann so stark werden, daß es kaum mehr gelingt, die Höhle zu punktieren. Sie hat fast regelmäßig eine Skoliose zur Folge, deren Concavität auf der operierten Seite liegt. (21, 31, 80)

Die Vorgänge an den knöchernen Elementen des Thorax vermögen jedoch nur zu einem kleinen Teil zur Ausfüllung des Hohlraums beizutragen. Eine wesentlich größere Bedeutung kommt schon dem

Hochsteigen des Zwerchfells auf der operierten Seite zu (2,34,37,54,64,78,79), was regelmäßig zu beobachten ist, auch wenn der Phrenikus bei der Operation sicher geschont wurde. Die Phrenikusparesse vermag ein Hochsteigen des Zwerchfells nur wenig zu verstärken. Von BRÜCKNER (9,10) wird der Hochstand des Zwerchfells nach der Pneumonektomie auf das gestörte Druckgleichgewicht (erhöhte Druckdifferenz zwischen Bauchraum und Brustraum) zurückgeführt. Er hat bei intakter Phrenikusinnervation in den ersten vierzehn Tagen nach der Operation einen Zwerchfellohochstand von zwei bis dreieinhalb Querfingern gemessen. Im weiteren Verlauf kommt es mit der Ausbildung eines Fibrothorax noch zu wesentlich stärkeren Verlagerungen. Alle klinischen Beobachtungen sprechen gegen die Feststellung von BEHREND (4), daß keine Veränderung des Diaphragmas eintritt, solange die nervöse Versorgung ungestört ist. (Erst nach Phreniksdurchtrennung bemerkt er eine Relaxation.

Am meisten trägt zu einer Verkleinerung der Pneumonektomieresthöhle eine Verlagerung des Mediastinums auf die operierte Seite bei. Die Folgen einer eventuell sehr hochgradigen mediastinalverziehung wurden früher oft überschätzt. Besonders STILLER (10) hat durch Kontrastdarstellungen der oberen Hohlvene nachweisen können, daß eine sehr starke Verziehung des Mediastinums mit bizzarem Verlauf der Vena cava sup. ohne subjektive Beschwerden und eine ganz geringe Mediastinalverlagerung ohne wesentliche anatomische Veränderungen an den Mediastinalorganen mit starkem Oporessionsgefühl einhergehen kann. Daß die Verziehung des Mediastinums als eine Zugwirkung der Resthöhle auf das umgebende Gewebe infolge stärkeren negativen Drucks oft der auslösende Impuls für derartige Beschwerden ist, beweist in vielen Fällen das prompte Nachlassen der Beschwerden nach Punktion der Höhle und Ausgleich des intrapleuralen Drucks mit dem Atmosphärendruck. Neben dem aktiven Zug sieht BRÜCKNER (12) als Vorbedingung für ein Abweichen des Mediastinums auch eine Druckdifferenz zwischen beiden Thoraxhälften an. LINDER (17) sieht eine

weitere Ursache in einer Überblähung des verbleibenden Lungenflügels (kompensatorisches Emphysem).

Solange das Mediastinum noch beweglich ist, kann eine reichliche Exsudation in die Höhle des Mediastinum auch zur gesunden Seite hin verschoben und eine bedrohliche Ateminsuffizienz hervorrufen (37,66). Obwohl die Mediastinalverziehung als Ursache postoperativer Beschwerden oft überbewertet wird, sollte das Mediastinum nach Möglichkeit in Mittelstellung gehalten werden. Es hat sich auch gezeigt, daß exsudatarme Höhlen in der Regel stärker verschwarten als exsudatgefüllte. Während früher die Flüssigkeit über Wochen, mit dem Ziel, den Bronchusstumpf möglichst "trocken" zu legen und auf diese Weise eine Stumpfindisuffizienz zu verhüten, in regelmäßigen Abständen abpunktiert wurde, läßt man heute die Höhle nach dem neunten Tag vollaufen. Künstliche Instillationen von Blutserum, Periston usw. haben die Ergebnisse nicht verbessert.

Die Mediastinalverziehung beginnt am fünften Tag. Bereits nach einem Monat, in der Regel nach drei Monaten, ist die operierte Seite röntgenologisch völlig verschattet und es gelingt oft nicht mehr, Exsudat abzupunktieren (24,68,74). Es hat sich bereits ein kompletter Fibrothorax gebildet (9,10). Zusammenfassend kann man sagen, daß es postoperativ zu einer langsamen Verziehung des Mediastinums kommt, die in 30 - 40 % der Fälle erhebliche Ausmaße annimmt (63). Mit dem Mediastinum wandern zur operierten Seite hin die Mediastinalgebilde. Wenn diese Organe durch die Verziehung oder direkte Ummauerung mit Schwartengewebe in ihrer Funktion stark beeinträchtigt sind, sind ungünstige Wirkungen auf den Kreislauf, die Atmung und das allgemeine Wohlbefinden des Kranken möglich (17,19,20,21,27,31,34,43,48,61,71,76,77,79).

Durch die starke Mediastinalverziehung wird der Pleuraraum der Gegenseite zwangsläufig vergrößert; die Lunge erfährt dadurch eine Volumenvergrößerung, die bei alten Menschen zu einem Emphysem führen kann, während bei Kindern nicht sel-

ten eine echte Hypertrophie oder sogar Hyperplasie, ohne krankhafte Veränderungen an der Lunge selbst, gefunden werden kann. Auch beim Erwachsenen ist die Ansicht darüber, ob ein echtes Lungenwachstum noch möglich ist oder ob es sich in jedem Fall um einen Blähzustand handelt, nicht einheitlich. Jedenfalls aber kann die Lunge wesentlich zur Raumverminderung beitragen (4,5,7,10,17,24,29,41,42,48,54,55,56,59,71,74,79).

Der Organismus ist keineswegs in der Lage, große Resthöhlen allein durch Veränderungen der knöchernen und bindegewebigen Wandungen zum Verschwinden zu bringen. Glücklicherweise sammelt sich aber nach jeder Pneumonektomie regelmäßig Flüssigkeit in der Resthöhle, die zunächst ausgeschieden wird und später wieder resorbiert wird. Mit zunehmender Verschwärtung der Pleura, wird vorwiegend Exsudat gebildet und kaum mehr resorbiert. Schließlich liegt diese Flüssigkeit als vom Organismus kaum noch zu beeinflussende Masse in der Höhle. Dieses Exsudat stellt einen Reiz dar zur bindegewebigen Proliferation der Höhlenwand und dient als Leitsystem für die weitere Verschwärtung. Das Exsudat wandelt sich nach wenigen Wochen in ein mehr oder weniger stark gekammertes Gerüst aus Fibrin um, das dem Granulationsgewebe den Weg vorzeichnet. Der Körper duldet keine unphysiologische Höhle: bei relativ dünner Schwartenwand muß es bei der zur Beseitigung der Höhle notwendigen Schrumpfung zwangsläufig zu einer sehr beträchtlichen Verziehung des Mediastinums kommen. Bei vorhandenem Exsudat hingegen wächst die Schwarte kontinuierlich durch die Organisation des Exsudats. Immer zeigt die nicht infizierte Höhle den Übergang von einem Pneumothorax in einen Pneumo - Sero - Thorax, dann in einen Sero-Fibro-Thorax und schließlich in einen Fibrothorax, bei dem dann die eine Thoraxseite fast völlig mit Schwartengewebe gefüllt ist (von RIENHOFF als "Füllmasse" bezeichnet) (2,10,18,29,31,34,46,54,55,64,70,78,80).

DINDER (37) wie auch STRUCKKOV (71) heben die Exsudatbildung röntgenologisch verfolgt und in einigen Fällen ei-

ne sehr rasche Flüssigkeitsansammlung nach der Operation festgestellt. Nach 2 - 3 Wochen liegt der Flüssigkeitsspiegel bei fast allen Patienten in Höhe des Lungenhilus, nach etwa 5 Wochen macht sich eine Stabilisierung der Flüssigkeit bemerkbar (9,37), aus dem Erguß ist Fibrin abgeschieden worden, der Exsudatspiegel steht in Höhe der Clavicula und bleibt hier stehen. Fast immer hält sich in der Pneumonektomiekuppe ein kleiner Pneumothorax, der erst sehr spät von anderem Gewebe verdrängt wird. Schon am Anfang weist das Exsudat einen hohen Eiweißgehalt auf (6-9%), ist in den ersten Tagen hämorrhagisch (65,71), um nachher serös zu werden. Auch wenn keine Erythrozyten mehr vorhanden sind, hält der hohe Eiweißprozentsatz an und das Fibrin flockt sich aus. Es entsteht ein strangförmiges Fibrinnetz, das bei zunehmender Flüssigkeitsresorption zu einem kammerartigen Stützgerüst wird. Die Gewebsproliferation an den Höhlenwänden wird ebenfalls durch das Exsudat gefördert. Die Organisation des Ergusses beginnt an der Basis, dadurch erklärt sich der Restpneu an der Lungenspitze (34).

Für die Exsudatbildung macht HARLACHER (23) verschiedene Faktoren verantwortlich. In den ersten Tagen bestimmt vorwiegend die postoperative Sickerblutung aus der Thorakotomiewunde und aus den Lösungsstellen stumpf gelöster Pleuraverwachsungen, aus der Pleurawand das Ausmaß des vorwiegend hämorrhagischen Ergusses. Das Ausmaß und die Schnelligkeit der weiteren Exsudatbildung ist vom Zustand der parietalen Pleura abhängig. Eine gesunde, normale Pleura ist stärker vascularisiert und reaktionsfähiger als ein schwierig verändertes Rippenfell. Außerdem spielen noch Fragen der Konstitution, Störungen des Wasserhaushalts und des Mineralstoffwechsels eine bedeutende Rolle.

Die Verhältnisse beim Pneumothorax haben gezeigt, daß die Pleura bestrebt ist, jede Luftmenge zu resorbieren. Das gleiche gilt auch für alle anderen Fremdstoffe. GROBER (22) wies nach, daß die seröse Auskleidung der Brusthöhle im Stande ist, in gesundem Zustand eine bestimmte Menge Flüssigkeit in einem bestimmten Zeitraum zu resorbieren. Diese Lösung

wird allerdings nur resorbiert, wenn sie isotonisch dem Blutserum ist, was ja für den Resthöhlenerguß zutrifft. Als erstes erfolgt ein langsamer Wasserentzug über die Blutbahnen, der aber dennoch rascher vonstatten geht, als die Aufnahme der festen Bestandteile (Fibringerinnsel) durch die Lymphbahnen (auch LOESCHKE, 38). Der Erguß wird dadurch ärmer an Flüssigkeit und reicher an korpuskulären Elementen, die schließlich organisiert werden und als Schwarten zurückbleiben. In den Interkostalräumen findet sich ein "Saug- und Druckpumpensystem der Lymphgefäße", das durch die Atembewegungen in Betrieb gehalten wird. GONZALES (21) nimmt an, daß die Vermehrung des Ergusses in der Resthöhle den Thorax zunächst erweitert und dadurch die Excursionsbreite verkürzt. Diese Herabsetzung der Atembreite und die Verlegung der Lymphstomata durch die Verschwartung erschweren die Resorption des Ergusses und machen eine rasche Flüssigkeitsansammlung verständlich.

Die in der Höhle eingeschlossene Luft unterliegt grundsätzlich den gleichen Bedingungen wie das Exsudat: Nach Ansicht aller Autoren wird sie langsam resorbiert. SCHNEIDRZIK (62) fand allerdings eine sog. unersättliche Resthöhle, aus der die Luft ohne erkenntlichen Grund viel schneller resorbiert wird, selbst wenn zur Verhütung stärkerer Mediastinalverziehungen in zehn- bis vierzehntägigem Abstand Luft in die Höhle instilliert wurde.

Im Gegensatz zum Exsudat, das gleichzeitig produziert und resorbiert wird, ist ein Nachlaufen von Luft, mit Ausnahme einer Bronchialfistel, nicht möglich. So kommt es, daß die Luft bis auf einen Spitzenpneu resorbiert und langsam durch Exsudat ersetzt wird. Der Spitzenpneu besteht fast ausschließlich aus Stickstoff, der an die Stelle von Sauerstoff tritt.

Zeitlich stellt sich die Resthöhlenverkleinerung in drei Phasen etwa folgendermaßen dar (19): In der ersten Phase bildet sich prinzipiell ein Hydropneumothorax, in der zweiten wird der Erguß mehr oder weniger organisiert

und die Luft allmählich resorbiert. Im dritten Zeitabschnitt steht die Schrumpfung der Brustwand, das Höhersteigen des Zwerchfells, die Verschiebung des Mediastinums und seiner Gebilde sowie die Verlagerung der gesunden Lunge im Vordergrund. Alle diese Prozesse zielen auf eine Beseitigung des Hohlraums hin, und doch ist, wie Frey (16) sagt, "die Verschwartung selten so vollständig, wie es auf den Röntgenbildern erscheint. Bei der Sektion fand sich noch nach zweieinhalb Jahren ein nicht unerheblich, mit alziger Flüssigkeit gefüllter Hohlraum".

Luftdruckverhältnisse in der Resthöhle

LOESCHKE (39) unterscheidet mit Recht die Resorption aus einer bedingt starren Höhle (wie die Pneumonektomiehöhle) von der Resorption aus anderen Körperhöhlen mit voll anpassungsfähigen Wandungen. In einer völlig starren Höhle kann das Gasvolumen normalerweise nicht abnehmen, es sei denn, die Resorption von Gas führt zum Abnehmen des Höhlendrucks. Auch bei negativem Druck kann noch Gas resorbiert werden, entsprechend dem Partialdruckgefälle der einzelnen Gase. In der frischen Höhle, in die noch Exsudat ausgeschieden wird, ist das um so mehr der Fall, als die Flüssigkeit, entsprechend dem negativen Druck, nachfließt und das bewegliche Mediastinum dadurch, daß es auf die operierte Seite hinüber wandert, das Druckgefälle vermindert. KÖLLIG (34) sieht denn auch als die bestimmenden Faktoren die Resorption von Luft und die Nachbildung der Ergußflüssigkeit an. Je starrer die Höhle durch die Verschwartung ist, desto geringer ist die Exsudation und das Mediastinalwandern, sodaß mit zunehmender Druckverminderung schließlich die Gasresorption eine Grenze erreicht jenseits der die Partialdrucke zur Resorption nicht mehr ausreichen. Nur durch die Verkleinerung der Höhle (durch Zugwirkung auf die Wandungen entsprechend dem negativen Druck) kann auch später noch etwas Gas resorbiert werden.

Zum Zeitpunkt der Operation, wenn der Thorax nach außen offen ist, herrscht auf der operierten Seite verständlicherweise atmosphärischer Druck. Er ist auch noch im Augenblick des Wundschlusses

vorhanden; erst von diesem Moment an kann die in die Höhle eingeschlossene Luft ihren eigenen Gesetzen folgen. Sie nimmt jetzt noch den ganzen Hohlraum ein, bald aber wird die einerseits das Exsudat verdrängt haben, andererseits aber auch resorbiert werden (20,64,79,80).

Es besteht kein Zweifel, daß die Verkleinerung der Höhle zumindest in den ersten Wochen nach der Operation unmittelbar mit dem intrapleuralem Druck im Zusammenhang steht. Darüber sind sich die Autoren, welche die Zusammenhänge aufzuklären versuchten, auch alle einig. In der ersten postoperativen Zeit stellt sich erneut ein Unterdruck ein (43,64,70). Präzisere Angaben macht Gonzales (21), der in den ersten 48 Stunden p.o. in der Pneumonektomieresthöhle -2,-6 mm Hg gemessen hat. Dann erhöht sich bei drainagelosem Brustwandverschluß der Druck schrittweise und erreicht positive Werte bis maximal +6,+2 mm Hg, um nach 15 Tagen etwa wieder auf negative Werte abzusinken. Der Druck zeigt jetzt die Tendenz, sich zu stabilisieren. ADAMS (1), nach vier Wochen Beobachtungszeit, hat Druckwerte von -7,-16 mm Hg erhalten und nach sechs Wochen von -4,-20 mm Hg. Nach etwa acht Wochen erhielt STILLER (68) einen Durchschnittswert von -13 cm H₂O. VOLSCHULTE und STILLER (76), setzen den niedrigsten Wert auf -18,-24 cm H₂O fest (ohne Zeitangabe). Auch nach 5 Wochen herrscht noch negativer Druck (77), und es wird angenommen, daß er sich stabilisiert (42). Einzig PAOLICCI (49) hält es für unmöglich, daß der Druck auf positive Werte steigen kann, solange in einer Thoraxhälfte eine luftgefüllte Höhle besteht.

Die Drucke in der Pneumonektomieresthöhle sind von der Atmung abhängig wie im normalen Pleuraspalt. Je beweglicher die Höhlenwände sind, um so größer ist die Einwirkung von Ein- und Ausatmung. In einer frischoperierten großen Höhle sind diese Schwankungen je nach der Flüssigkeitsmenge mehr oder weniger ausgeprägt. (49).

GONZALES (21) nimmt an, daß der erste negative Druck in den ersten beiden Tagen hervorgerufen wird durch den Verschluß des Thorax bei geblähter Lunge und in maximaler Inspiration, mit anschließender

Verschiebung des Mediastinums durch den bleibenden Lungenflügel. Sobald der Thorax geschlossen ist und der Patient wieder normal atmet, hat das Mediastinum das Bestreben, in Mittelstellung zurückzugehen, weil bei normaler aktiver Atmung das Atemvolumen sicher kleiner ist als in passiv geblähtem Zustand. Dadurch wird eine Druckänderung hervorgerufen. Das Ansteigen des Drucks auf positive Werte fällt nach GONZALES zusammen mit der Bildung der Fibringerüste, deren Schnelligkeit größer ist als die Schnelligkeit der Luftresorption. Mit zunehmender Verschwärtung der Höhlenwand wird kein Exsudat mehr gebildet, das Fibringerüst stabilisiert sich langsam und die Luft wird stufenweise resorbiert - die Drucke werden wieder negativ.

EIGENE UNTERSUCHUNGEN

B e o b a c h t u n g s g u t

Diese Angaben schienen uns zu allgemein gehalten und nicht hinreichend begründet zu sein. Wir haben deshalb in der ersten postoperativen Zeit fortlaufenden Druckmessungen bei sieben pneumonektomierten Patienten und sechs Hunden vorgenommen. Es handelte sich dabei um sechs Männer im Durchschnittsalter von 57 Jahren, von denen einer linksseitig und fünf rechtsseitig wegen Bronchialkarzinom pneumonektomiert worden waren, außerdem um einen Jungen mit rechtsseitiger Pneumonektomie wegen Bronchiektasen. Man kann zwar den frischoperierten Kranken ohne weiteres eine tägliche Pleurapunktion zumuten; solange jedoch der Kreislauf noch

nicht stabilisiert ist, ist es zu gefährlich, die Patienten täglich in den Punktionsraum zu transportieren. Die Abstände zwischen den einzelnen Messungen sind aus diesem Grunde unregelmäßig. Es ist aber durchaus möglich, auch aus einzelnen Druckmessungen die Entwicklung der intrapleurale Drucke zu verfolgen mit der Fragestellung, ob hier eine gewisse Gesetzmäßigkeit vorliegt.

Da bei der hier durchgeführten Technik - intrapleurale Saugdrainage - der intrapleurale Druck direkt abhängig ist von der Höhe des Sogs, konnten wir nicht unmittelbar post operationem mit den Messungen beginnen, sondern mußten die Entfernung des Drainagerohrs abwarten. Erst dann kommt es zu einer selbstständigen Druckentwicklung durch Luftresorption und das Exsudat bzw. die Höhlenverschwartung.

Nach Absetzen der Saugdrainage wurde die Höhle verschlossen und sich selbst überlassen. Zur Verhütung eines Empyems wurde täglich ein Antibioticum in die Höhle instilliert, jedoch wurde peinlichst darauf geachtet, daß keine Luft durch die Narbe dringen konnte. Wurde Exsudat zur bakteriologischen Untersuchung entnommen (10-20 ccm) so wurde dieses Defizit durch die entsprechende Menge Luft wieder ausgeglichen. Bei zwei Patienten bestand eine schon verschwartete, jedoch noch relativ große, infizierte Höhle. Es ist auffällig, daß vereiterte Höhlen in der Regel wesentlich weniger Neigung haben zu Verschwarten als streile Höhlen. Es war möglich, zwischenzeitlich bei diesen Patienten den Druck mit der atmosphärischen Luft auszugleichen. Dies gab uns Gelegenheit, die Druckveränderungen unter fortgeschrittenen Verschwartungsbedingungen zu beobachten. Es konnte der Vergleich mit der frischoperierten Höhle gezogen werden.

Zunächst schien uns die Druckmessung beim Tier leichter durchführbar als beim Menschen, zumal man hier auch in kurzfristigen Abständen hätte punktieren können. In der Praxis zeigte sich jedoch, daß die gemessenen Werte wesentlich un einheitlicher sind als beim Menschen, weil der Hund nicht aufgefordert werden kann maximal ein- und auszuatmen. Wir ha-

ben insgesamt sechs Hunde pneumonektomiert, davon fünf rechtsseitig und einen linksseitig. Der Thorax wurde in jedem Falle drainagelos verschlossen und mit den Druckmessungen schon wenige Stunden nach dem Einriß begonnen. Es zeigte sich jedoch, daß bei drainagelosem Verschuß in den ersten Tagen p.o. die Exsudation von Blut und Plasma derartig stark ist, daß die Nadel sofort von Flüssigkeit verlegt wird. Um die Exsudation möglichst schnell zum Stillstand zu bringen und um eine exsudatarme und luftreiche Höhle zu bekommen, haben wir, solange einwandfreie Druckwerte nicht zu erzielen waren, alle Höhlen durch tägliche Punktionen gellert, einen Druckausgleich mit der atmosphärischen Luft herbeigeführt und am Ende der Punktion 10-20 ccm Luft injiziert, sodaß zwischen den Punktionen in der Regel ein leichter Überdruck vorhanden war. Erst nach Sistieren der Exsudation wurde das Gleichgewicht mit dem atmosphärischen Druck hergestellt und der Nullwert als Ausgangswert für die Druckmessungen gewählt. Wir konnten somit auch im Tierexperiment keinen genauen Überblick über das Druckverhalten in den ersten postoperativen Tagen bekommen. Bei allen Hunden bis aus einem kam es spätestens nach vierzehn Tagen zu einem Empyem, an dem die Tiere starben. Ein Hund überlebt jetzt schon acht Monate, hat aber während der ganzen Zeit immer nur eine kleine Luftblase gezeigt und mußte wegen Verdrängungserscheinungen an den Mediastinalorganen durch das Exsudat immer wieder punktiert werden. Bei ihm hat sich die Meßnadel ebenfalls bei jeder Punktion verlegt, sodaß auch hier der Versuch abgebrochen werden mußte. Bei jedem Patienten wurden die Drucke jeweils unter drei verschiedenen Voraussetzungen gemessen: bei normaler (Ruhe-) Atmung, bei forcierter Atmung und beim Husten und Pressen.

D i e D r u c k m e s s u n g

- 1) M e ß g e r ä t e: Zur Druckmessung standen uns folgende Apparate zur Verfügung: a) die SCHWARZER - DRUCKKAMMER Z9/37, die an den SCHWARZER-CARDIOSCRIPT S angeschlossen war;
b) die VOGEL-DRUCKMESSBRÜCKE E 1, angepaßt an den SCHWARZER-CARDIOSCRIPT S und an den HELLIGE-MULTISCRIPTOR;

- c) ein STATHAM - Element, das über ein HELIGE-
Manometer ebenfalls an die beiden obengenannten
Direktschreiber angepaßt war.

Bei den Messungen war darauf zu achten, daß das Meßelement stets
in Höhe der Pneumonektomiehöhle aufgestellt war.

2) T e c h n i k : Der Patient wurde flach auf ein Ruhebett gelegt,
die Punktionsstelle war durch die tägliche Injektion eines Antibio-
ticums bekannt. Bei bereits stärker verschwarteten Höhlen wurden
die besten Punktionsstellen röntgenologisch festgestellt, um einen
Einstich in die verlagerten Mediastinalorgane mit Sicherheit zu
vermeiden. Bei der Punktion selbst herrschten streng aseptische
Verhältnisse. Bei der ersten Punktion wurde vorher mit dem Patien-
ten der Untersuchungsgang geübt.

Wir verwendeten Punktionsnadeln mit LUER-LOCK-Ansatz und verbanden
sie über einen Dreiwegehahn mit einer Rekordspritze und einem
halbstarren Polyaethylenschlauch. Der Schlauch stellte die Verbin-
dung zum Meßelement her.

Wenn sich die Atmung des Patienten beruhigt hatte, suchten wir die
bekannte Punktionsstelle auf und stechen die Nadel in die Höhle ein.
Wir überprüften sofort durch Aspiration, ob wir uns tatsächlich im
luftgefüllten Raum befanden und nicht etwa im Exsudat; war diese
Voraussetzung erfüllt, kontrollierten wir nochmals die Null-Linie
auf dem Direktschreiber wie auch die Einstellung des verwendeten
Meßbereichs. Sodann wurde über den Dreiwegehahn die Verbindung
zwischen Pneumonektomiehöhle und Meßelement hergestellt. Der Pa-
tient mußte ruhig weiteratmen und so erhielten wir die Ruhekurve
der Atmung. Hierauf überprüften wir wiederum die Eichkurve und for-
derten den Patienten auf, maximal ein- und auszuatmen. Nach 6 bis
8 Atemzügen wurden wiederum die Eichkurve kontrolliert und der Pa-
tient angehalten, zu husten, so stark er könne. Nach einigen Hu-
stenstößen hatten wir einen maximalen Wert der Expiration erhal-
ten, kontrollierten nochmals die Null-Linie und beendeten den Ver-
such durch Herausziehen der Nadel.

Epikritische Betrachtung der Patienten

1) Arno K., 1o 1/2 J. Pneumonektomie rechts wegen Bronchiektasen der ganzen rechten Lunge. Technisch einfache Operation Thoraxverschluß mit einer Drainage, Dauersaugung während dreier Tage. Komplikationsloser postoperativer Verlauf. Zweimal wöchentlich Instillation eines Antibioticums (Nebacetin, Reverin) für 3 Monate.

Rö.-Untersuchung: Praeoperativ geringe Mediastinalverlagerung nach rechts. Am 3. Tag - nach Entfernung der Schläuche - Druckausgleich mit der atmosphärischen Luft und geringes Herüberwandern des Mediastinums in die Pneumonektomiehöhle. Mit zunehmender Exsudation zunächst wieder Mittelstellung, ab 14. Tag erneut Verlagerung nach rechts, die immer stärker wird. Am 36. Tag gelingt es nicht mehr, die Höhle zu punktieren.

Insgesamt 6. Druckmessungen.

2) Paul H., 58 J. Rechtsseitige Pneumonektomie wegen Bronchialkarzinoms. Am 3. Tag nach der Operation Entfernung der Schläuche. Weiterer Verlauf komplikationslos. In den ersten postoperativen Wochen täglich Instillation von Reverin ohne Druckausgleich.

Rö.-Untersuchung: am 6. postoperativen Tag Ergußspiegel in Hilushöhe. Am 16. und 21. Tag Spiegel unverändert. Von da an allmähliches Wandern des Mediastinums und parallel dazu Höhersteigen des Ergusses, der am 34. Tag handbreit über der Bifurkation liegt.

Insgesamt 10 Druckmessungen.

3) Wilhelm K., 56 J. Rechtsseitige Pneumonektomie wegen Lungenkarzinoms. Drainageentfernung am 3. postoperativen Tag.

Komplikationsloser weiterer Verlauf. Anfangs täglich, später zweitäglich Instillation von Reverin und Nebacetin. Röntgen-Untersuchung: Am 1. und 2. Tag post operationem Mediastinalverziehung nach rechts. Vom 3. bis zum 10. Tag wird allmählich wieder Mittelstellung erreicht. Am 14. Tag steht der Erguß in Höhe des 4. ICR, am 21. Tag abgesunken auf Höhe des 7. ICR. Ab 24. Tag zunehmende Mediastinalverlagerung zur operierten Seite. Insgesamt 12 Druckmessungen.

- 4) Richard F., 60 J. Rechtsseitige Pneumonektomie wegen Lungenkarzinoms. Postoperativ kaum ausreichende Atemleistung. Nach 4 Wochen Benommenheit und Verwirrheitszustände. EEG: Verdacht auf Hirnmetastasierung. Am 45. Tag post operationem plötzliches massives Hautemphysem und Spannungspneu auf der contralateralen Seite. Exitus. Röntgen-Untersuchung: Ganz geringe Verlagerung des Mediastinums nach rechts während der Beobachtungszeit. Auffallend geringe Ergußbildung. Spiegel steht erst am 19. Tag in Hilushöhe, am 41. Tag in Höhe des Aortenbogens. Insgesamt 9 Druckmessungen.

- 5) Johann H., 57 J. Vor einem Jahr rechtsseitige Pneumonektomie wegen Bronchialkarzinoms. Etwa ein halbes Jahr nach der Operation Einsetzen von Druckgefühl, Schmerzen und Atembeschwerden. Besserung der subjektiven Beschwerden nach Druckausgleich, welcher im weiteren Verlauf mehrfach wiederholt wurde und immer für vierzehn Tage bis drei Wochen zur Beschwerdefreiheit führte. Jetzt, trotz wiederholter Nebacetininstitutionen subakute Höhleninfektion. Ein Jahr nach der Operation erste Druckmessung. Bei jeder Punktion wird auch jetzt der Druck ausgeglichen. So läßt sich die Entwicklung in einer bereits verschwarteten Höhle in zeitlich verschiedenen Abständen bestimmen. Insgesamt 4 Druckmessungen

6) Matthias W., 58 J. Wegen Bronchialkarzinoms vor 4 Monaten links seitige Pneumonektomie. Nach 2 Monaten Spätempyem, Instillations- und Spülbehandlung des Empyems. Erste Druckmessung nach 3 1/2 Monaten, danach Empyemrezidiv. Erneute Messung 4 Monate nach der Operation, einmal unmittelbar nach Druckausgleich mit der atmosphärischen Luft, ein zweites Mal zwei Tage später ohne vorherigen Ausgleich. Da die Höhle in zweitägigen Abständen gespült wurde, nur kurzfristige Beobachtung über die Druckentwicklung in einer alten Höhle.

Rö.-Untersuchungen: 3 1/2 Monate post operationem mäßige Mediastinalverziehung bei noch großer Resthöhle. Nach 4 p.o. Monaten noch faustgroße Höhle und entsprechend stärkere Verziehung des Mediastinums.

7) Wilhelm H., 55 J. Rechtsseitige Pneumonektomie (Bronchialkarzinom). Drainage am 3. Tage entfernt. Komplikationsloser weiterer Verlauf. Anfänglich jeden, später jeden zweiten Tag Nebacetin-Instillation.

Rö.-Untersuchung: Mediastinum zunächst in Mittellage; ab 14. postoperativem Tag allmähliches Herüberwandern zur operierten Seite. Relativ langsamer Anstieg des Ergußspiegels bis in die Höhe des Aortenknopfes. Beginn der Druckmessungen am 12. Tag in etwa einwöchentlichen Abständen, insgesamt 6 Messungen.

E p i k r i t i s c h e B e t r a c h t u n g d e r o p e - r i e r t e n H u n d e

Hund 147, männlich, 24 kg. Rechtsseitige Pneumonektomie. Am Ende der Operation im H. lusgebiet völlig trockene Wundverhältnisse. Bereits 2 Tage p.o. ist keine Lufthöhle mehr zu punktie-

ren, es werden deshalb 500,0 ccm Exsudat abgelassen. Das Exsudat fließt aber so rasch nach, daß täglich 300,0 ccm entfernt werden müssen, bis endlich am 16. Tag der Druck wieder gemessen werden kann. Bis zum 36. Tag konnte dann wieder nur für kurze Zeit gemessen werden, die Höhle wurde immer wieder entleert. Erst vom 37. Tage an konnte ohne Druckausgleich die Druckentwicklung in regelmäßigen Abständen beobachtet werden; nach diesem Zeitpunkt war die Höhle bereits so weit geschrumpft, daß eine einwandfreie Messung ab dem 50. Tag nicht mehr möglich war.

Hund 152, weiblich, 15 kg. Pneumonektomie rechts. Bis zum 10. postoperativen Tag tägliche Entleerung der Höhle (etwa 200 ccm p.d.). Am 11. und 12. Tag wird je eine Druckmessung vorgenommen. Der Hund verweigert Nahrungsaufnahme und kommt am 14. Tag post operationem ad exitum.

Hund 154, weiblich, 20 kg. Rechtsseitige Pneumonektomie. Die Resthöhle wurde bis zum 7. Tag nach der Operation zweitägig entleert. Am 7. Tag wurde unmittelbar danach der Druck gemessen. Vom 12. Tag an Druckmessung wegen Ausfüllung der Höhle mit Exsudat nicht mehr möglich. Nach 3 postoperativen Wochen trotz Antibiotica Exitus an Pleuraempyem.

Hund 156, männlich, 22 Kg. Rechtsseitige Pneumonektomie. Entleerung der Höhle jeden 2. Tag. Beobachtung der Druckentwicklung ab 9. Tag post operationem. Vom 17. Tag an weitgehenden Füllung der Höhle mit Exsudat, Messung deshalb nicht möglich. Trotz Antibiotica Exitus am 21. Tag an Pleuraempyem.

Hund 157, männlich, 15,5 kg. Rechtsseitige Pneumonektomie. Entfernung des Exsudats aus der Höhle am 2. Tag (20,0 ccm). Weiterhin nur spärlich Exsudatbildung, deshalb am 5. Tag nur Druckausgleich. Druckmessung am 6. Tag, Exitus am 7. Tag. Bei der Thorax-Section nur ganz geringes sanguinolentes Exsudat.

Hund 158, männlich, 19 Kg. Linksseitige Pneumonektomie. Am 4. postoperativen Tag werden 320 ccm Exsudat aus der Höhle entfernt, am 6. Tag 400 ccm und danach die Druckwerte gemessen. Exitus am 8. Tag nach der Operation.

DISKUSSION DER UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

Allgemeine Vorbemerkungen

Wenn wir die intrapleurale Druckkurve eines jeden einzelnen Patienten betrachten, so ist der Kurvenverlauf zwar individuell unterschiedlich, jedoch für den einzelnen Patienten sehr gleichförmig. Die Breite der Ruheatmung zeigt sich abhängig zeigt sich abhängig von den individuell verschieden schnell auftretenden Vorgängen in der Resthöhle, die ja auch die Druckverhältnisse beeinflussen. Das sind einmal die unterschiedlichen intrapleuralen Druckverhältnisse selbst, zum andern die unterschiedliche Beweglichkeit des Mediastinums. Je weniger beweglich das Mediastinum im Laufe der Zeit wird, desto flacher werden die Ausschläge. Auch bei etwa gleichem zeitlichen Abstand zwischen Operation und Druckmessung ist der Verlauf nicht uniform, da die Schrumpfungsvorgänge in der Höhle in einem Fall schneller vor sich gehen können als im andern. Jeder einzelne Patient für sich betrachtet, zeigt also eine typische Kurvenentwicklung.

Im Folgenden wird als Unterdruck der Zustand bezeichnet, bei dem der Mittelwert der Ruhe-Atem-Excursion negativ ist. Analog sprechen wir von einem Überdruck, wenn dieser Mittelwert auf der positiven Seite liegt.

Wir haben unsere Höhlen eingeteilt in solche mit zarter, reaktionsfähiger Pleuraauskleidung und solche, bei denen die Operation bereits längere Zeit (meist mehrere Monate) zurückliegt und eine weitgehende Verschwartung eingetreten ist.

Druckkurvenverlauf bei den einzelnen Patienten

a) frische Resthöhlen

1) Patient A.K., 10 1/2 J., Es handelt sich um einen Jungen mit einem noch sehr beweglichen Thorax und Mediastinum. Bei ihm lag noch

ein zartes Mittelfell vor, und nach der Feststellung HARLACHERS (23) müssen bei ihm die Veränderungen viel schneller und betonter verlaufen. Tatsächlich konnten auch bei unserem jüngsten Patienten die im Vergleich zu den anderen Patienten weitaus größten Druckschwankungen nachgewiesen werden. Vierundzwanzig Stunden nach Absetzen der Saugdrainage und Druckausgleich mit der atmosphärischen Luft bestand bei ihm ein ganz beträchtlicher Unterdruck und eine sehr starke Verziehung des Mediastinums zur operierten Seite hin, ein Zeichen einer sehr schnellen Luftresorption der jugendlichen Pleura bei relativ langsamem Nachfließen des Exsudats. In der zweiten postoperativen Woche steigt dann der Druck zu positiven Werten, die ebenfalls wieder extrem hoch liegen. Das Röntgenbild zeigt zu diesem Zeitpunkt eine bereits weitgehende Ausfüllung der Pleurahöhle mit Exsudat. Diese Tatsache bestärkt die Ansicht Harlachers (23), daß eine stärker vascularisierte jugendliche Pleura über das normale Maß hinaus reichlich Exsudat produziert. Schori am 25. Tag finden wir nur noch in der Pleurakuppe eine kleine Luftblase mit negativen Druckwerten, die nur dadurch zu erklären sind, daß in der Zwischenzeit die Luftresorption zum Stillstand gekommen ist und mehr Exsudat resorbiert als produziert wird.

2) Dieser Pat. ist 58 Jahre alt. Aus verschiedenen Gründen konnten wir erst in der dritten postoperativen Woche mit den Druckmessungen beginnen, zu einem Zeitpunkt also, zu dem der Erguß bereits reichlich Fibrin enthielt und die bindegewebige Umwandlung erfahrungsgemäß eingesetzt hatte. Der Flüssigkeitsspiegel stand während der Messungen im Wesentlichen unverändert in Hülshöhe. Während der ganzen Versuchsdauer waren die Druckwerte negativ und zeigten eine allmähliche Abnahme bis auf -9 mm Hg am 39. Tag. Lediglich am 22. Tag konnte ein positiver Wert erhalten werden. Gleichzeitig wurde röntgenologisch ein auffälliges Ansteigen des Flüssigkeitsspiegels beobachtet. Die dadurch zustande gekommene Luftverdrängung dürfte die Ursache des positiven Höhleninnendrucks sein, wobei allerdings unklar bleibt, woher die plötzliche starke Exsudation kam. Der Druckunterschied zwischen Einatmung und Ausatmung

betrug fast regelmäßig 5 bis 6 mm Hg und war bei forcierter Atmung und beim Husten kaum größer. Man darf wohl annehmen, daß bei der relativ schnell einsetzenden Ergußorganisation bereits frühzeitig eine gewisse Stabilität eingetreten ist, sodaß sich die bei der Atmung auf den Höhleninnendruck auswirkenden Kräfte nicht mehr voll entfalten konnten.

3) Der Druckverlauf bei dem Patienten (56 Jahre alt) beginnt mit dem 2. Tag nach Ausgleich mit der atmosphärischen Luft und zeigt ein buntes Bild. Die Druckwerte liegen zunächst um den Nullwert herum (einmal positiv, einmal negativ), um dann von der dritten Woche an endgültig im Negativen zu bleiben. Auch hier hat man den Eindruck, daß mit dem Beginn der Organisation sich ein Unterdruck entwickelt.

4) Bei diesem 60-jährigen Patienten wurde der Druck schon vom Tage der Drainage-Entfernung ab zunächst in ein- bis zweitägigen, später in wöchentlichen Abständen gemessen. Bei ihm waren die Anfangsdrucke stark positiv, zeigten danach einen kontinuierlichen Abfall und nach dem 10. Tag waren nur noch negative Werte zu erhalten. Entweder ist bei der Entfernung des Schlauches Luft in die Pleurahöhle eingewandert, oder es bestand in den ersten Tagen eine innere Fistel, über die im Sinne eines Spannungspneumothorax Luft in die Höhle gelangt ist. Hier ist dann in verstärktem Maße Luft resorbiert worden. Der Pat. hatte bei forcierter Atmung und beim Husten aussergewöhnlich große Druckausschläge; lungenfunktionsmäßig waren Anzeichen für ein Emphysem zu finden. Möglicherweise sind diese großen Ausschläge ein Zeichen für besonders starke Mediastinalbewegungen infolge der Volumzunahme des verbliebenen Lungenflügels.

b) verschwartete Resthöhlen

5) Die Pneumonektomie liegt bei diesem 57-jährigen Patienten 11 1/2 Monate zurück. Er war in stationärer Behandlung wegen eines Pleuraempyems. Da die Pleuraspülungen in ein- bis zweitägigen Abständen erforderlich waren, kam es in der Zwischenzeit immer wieder

zu einem Druckausgleich mit der atmosphärischen Luft. Wir versuchten hier festzustellen, ob es bei einer älteren und verschwarteten Höhle innerhalb von 24 - 48 Stunden zu Druckveränderungen kommt. Auffälligerweise waren auch in diesem Fall die Atemausschläge sowohl bei forcierter Atmung als auch beim Husten noch sehr groß. Es hat also nach einem Jahr noch ein bewegliches Mediastinum vorgelegen.

6) Hier handelt es sich um einen 58-jähr. Pat., der vor vier Monaten pneumonektomiert wurde. Der Kurvenverlauf unterscheidet sich kaum von dem in Fall 5.

7) Der Druckausgleich mit der atmosphärischen Luft wurde bei dem 55-jähr. Patienten am 12. postoperativen Tag vorgenommen und der Druck anschließend in wöchentlichen Abständen bis zum 70. postoperativen Tag gemessen. Während der ganzen Versuchsdauer war aus dem Druckverlauf keine Verschwartung zu erkennen. Die Ausschläge waren bis zum 63. Tag, obwohl nur eine kleine Resthöhle feststellbar war, normal groß. Am 70. Tag ließ sich die Resthöhle bereits nicht mehr mit Sicherheit punktieren. Auch hier zeigt sich die Tendenz des intrapleurale Drucks, kontinuierlich auf negative Werte abzusinken. - Der Patient hatte bei einem Druckwert von -10 mm Hg starke subjektive Beschwerden, nach Punktion und Druckausgleich fühlte er sich wesentlich besser.

Zwei Fragen liegen nun nahe, die wir zu beantworten suchen müssen. 1. Verläuft die Druckentwicklung in der Pneumonektomieresthöhle bei allen Operierten gleichförmig, und 2. Haben die aus der Literatur bekannten Druckwerte auch für unsere Patienten Gültigkeit?

Die erste Frage läßt sich auf Grund unserer Fälle nicht uneingeschränkt beantworten. Der Kurvenverlauf ist uneinheitlich. Es scheint jedoch, daß der Druck allmäh-

lich ins Negative absinkt und in der Regel bis zur völligen Verschwartung der Höhle auch negativ bleibt. Positive Druckwerte müssen den Verdacht auf eine innere Fistel wecken, über die Luft in die Höhle gedrückt wird. Höhere negative Druckwerte, etwa von 10 mm Hg an, machen auch nach unserer Beobachtung Beschwerden, die nach Punktion der Höhle und Ablassen des Überdrucks spontan schwinden. Sie kehren in der Regel innerhalb von vierzehn Tagen bis drei Wochen wieder und steigen auch nach erneuter Punktion wieder an. Das Druckgefühl und die Herzbeschwerden hören oft erst auf, wenn die Höhle verschwartet ist.

Auffällig ist, dass verschwartete Höhlen wesentlich geringere Infektionen durchgemacht haben als die auch nach längerer Zeit noch nicht verschwarteten Resthöhlen. Empyemhöhlen weisen auch noch nach einem Jahr einen riesigen Pleuraraum auf. Diese geringe Verschwartung des Mediastinums geht aus den Druckkurven 5 und 6 hervor. Hier sind die Ausschläge für die Ruheatmung, die forcierte Atmung und das Husten fast ebenso groß, wie bei anderen Patienten, bei denen die Pneumonektomie erst wenige Wochen zurückliegt; keinesfalls besteht eine Gleichförmigkeit im Druckverlauf, aus der man das Ausmaß der Verschwartung evtl. indirekt ablesen könnte. Es gibt Pleurahöhlen, in denen der Druck bis zur Verschwartung positiv bleibt, obwohl sie keine Verbindung mit den Atemwegen haben.

Bevor nun die einzelnen Druckverlaufskurven kritisch betrachtet werden, soll einschränkend bemerkt werden, daß die Anzahl unserer Untersuchungen zweifellos zu klein ist, um definitive Aussagen machen zu können.

D r u c k v e r l a u f s k u r v e n v e r g l e i c h

Pneumonektomiehöhlen mit unveränderter Pleura liegen vor bei den Patienten 1 - 4. Bei diesen Kranken haben wir, wie bereits beschrie-

ben, bei der Entfernung postoperativen Drainage einen Druckausgleich mit der atmosphärischen Luft herbeigeführt. Die Druckmessungen gehen von diesem Zeitpunkt aus, zu dem mit großer Wahrscheinlichkeit ein Druckmittelwert von ± 0 mm Hg in der Höhle bestand. Auf den Tabellen 1 - 4 findet man in der Regel zunächst einen negativen Druck, den wir als Ausdruck dafür ansehen, daß, je frischer die Wandungen der Höhle sind, desto schneller die Luftresorption von statten geht. Gegen Ende der ersten Woche geht der Druck dann wieder auf seine Ausgangsposition zurück (Tab. 1, 3 und 8), um danach zum Teil (Tab. 3) wieder negativ zu werden, oder aber zum andern Teil positive Werte zu erreichen. Die Tatsache, daß nach 7 Tagen ein erneuter Druckausgleich stattfindet, hängt wahrscheinlich damit zusammen, daß die Luftresorption und die Exsudatneubildung sich zu diesem Zeitpunkt die Waage halten. Wie auf den Röntgenbildern zu sehen ist, steht der Flüssigkeitsspiegel jetzt fast immer in Hilushöhe. Beharrt der Spiegel in dieser Höhe, werden die Druckwerte weiter negativ; steigt er an, bewegen sich die Druckwerte um den Null-Punkt oder werden positiv. Im ersteren Fall scheint im weiteren Verlauf die Luftresorption die Exsudatbildung zu überwiegen; im zweiten Fall dagegen folgt die Geschwindigkeit der Exsudatbildung der Höhe des negativen Drucks und gleicht diesen immer wieder aus. Dies Verhalten zeigt, daß eine einheitliche Druckentwicklung in der Hesthöhle nach Pneumonektomie nicht zu erwarten ist und daß diese Druckentwicklung abhängig ist von der Stärke der Luftresorption, der Menge des Exsudats und der Schnelligkeit und der Zeit, in welcher dies fibrinös umgewandelt wird, bzw. das Mediastinum den Kräften, die es von der operierten Seite herüber ziehen, noch folgen kann.

Neben der Stärke der Mediastinalverziehung bzw.-verschwartung ist für die Höhe der durch aktives Husten gewonnenen Werte die Elastizität der erhaltenen Lunge verantwortlich: Je stärker sich der Hustenstoß dem Mediastinum übermittelt, um so höher sind die Druckwerte.

Die Abhängigkeit der Hustendruckwerte von der Leistungsfähigkeit der Restlung ist auch ersichtlich aus der Atembreite, insbesondere, als die Atembreite bei gut dehnungsfähigen, gesunden Lungen größer ist als bei emphysematös veränderten Lungen. Die durchschnittliche Atemexcursion beträgt im normalen Pleuraspalt 7 - 10 mm Hg. In unseren Fällen 2,3 und 5 bewegt sich die Atembreite in physiologischen Grenzen, während sie in den Fällen 1,4,6 und 7 weit überschritten werden. Unter den letzterwähnten finden sich teils die bereits verschwarteten Höhlen, teils die infizierten. LONGACRE und Mitarb. fanden bei Hunden eine mittlere Atembreite von 4 cm H₂O (3 mm Hg). Sie konnten auch drei Jahre nach der Pneumonektomie noch eine Resthöhle punktieren und fanden dann eine Atembreite von 3 cm H₂O. Wir haben in den frischen Resthöhlen unserer Hunde Werte gefunden, die das drei- bis sechsfache ausmachen. Ebensowenig wie hier, stimmen auch die anderen, von einzelnen Autoren vereinzelt vorgenommenen Druckmessungen in ihrem Ergebnis mit dem unsrigen überein.

So hat z.B. ADAM vier Wochen nach der Pneumonektomie bei der Ruheatmung Druckwerte von -7/-16 mm Hg erhalten. Die eigenen Ergebnisse 4 Wochen post operationem weichen recht stark ab Fall 1: +32/-4, Fall 3: +3/-4, Fall 4: +3/-8, Fall 7: +2/-6). Das heißt, daß 4 Wochen nach der Pneumonektomie der Ruhewerte leicht negativ ist. Auch die Werte von GONZALES erscheinen uns zu niedrig, da er als positive Höchstwerte +2/+6 angibt. Allerdings konnten wir auch so absolute Tiefwerte wie Voßschulte und Stiller (76) niemals erreichen (-18/-24) und es ist nur schade, daß sie ohne Zeitangabe erfolgten.

Schlussfolgerungen

Die von den anderen gemessenen Druckwerte in der Pneumonektomiesthöhle und unsere eigenen Befunde zeigen, daß es eine einheitliche Druckentwicklung nicht gibt. Die Druckwerte sind von Fall zu Fall schon in der frühen postoperativen Phase verschieden, sodaß sich eine Gesetzmäßigkeit nicht entdecken läßt. Diese Beobachtung stimmt mit den klinischen Befunden überein: Es gibt Pneumonektomiesthöhlen, die in drei Monaten bereits vollständig verschwartet sind und andere Höhlen, die noch nach Monaten röntgenologisch darstellbar sind. Dies ist besonders, wie bereits erwähnt, bei den chronisch infizierten Höhlen der Fall. Im Allgemeinen handelt es sich bei den in der Literatur mitgeteilten Messungen um Einzelwerte. Der hier unternommene Versuch, den intrapleurale Druck in der Resthöhle nach Pneumonektomie über längere Zeit zu messen, hat ebenfalls keine Klarheit darüber bringen können, welche Faktoren im einzelnen für die Größe des Druckwertes verantwortlich zu machen sind. Dazu bedarf es zweifellos weiterer Untersuchungen in einer großen Serie. Dabei müßten die gemessenen Druckwerte in Beziehung gesetzt werden zur Resorption der intrapleurale Luft und der Menge und Schnelligkeit der Exsudatbildung.

Z u s a m m e n f a s s u n g

Es werden die physiologischen Verhältnisse im Pleuraraum dargestellt. Mit ihnen wird die Entwicklung eines Pneumothorax verglichen und als spezieller Fall eines Pneumothorax das Schicksal der Resthöhle nach Pneumonektomie erläutert. Besonderer Wert wird auf die Druckentwicklung in der Resthöhle gelegt. Die Angaben in der Literatur werden mit eigenen Messungen an pneumonektomierten Patienten und Hunden verglichen und weitgehende Abweichungen festgestellt. Im Allgemeinen kann jedoch als bestätigt angesehen werden, daß der Druck

1. in der frischoperierten Höhle negativ ist,
2. meist nach wenigen Tagen positiv wird und
3. mit zunehmender Verschwartung wieder auf negative Werte abfällt.

Es ist nicht möglich, einen Zeitraum für die einzelnen Abschnitte festzulegen, da jede Resthöhle in ihrem Schicksal von der individuell unterschiedlichen Restitutionsfähigkeit des Patienten abhängig ist.

postoperative Tage	Tage nach Einstellung auf atmo- sphärischen Druck	Normale Atmung (mm Hg) expir., inspir.	forcierte Atmung (mm Hg) expir., inspir.	Husten expir., inspir. Maxima (mm Hg)	Breite der normalen Atmung (mm Hg)	Mittelwert der normalen Atmung (mm Hg)	
7.	4.	+ 2	-26	-	+46	28	-12
11.	8.	+19	-10	+29	+47	29	+ 4,5
14.	11.	+18	- 8	+50	+82	26	+ 5
18.	15.	+30	- 2	+74	+128	32	+14
24.	21.	- 9	-15	- 4	+36	4	-12
29.	26.	+32	- 4	+54	+148	36	+14

Tabelle 1, Arno K., 10 1/2 Jahre

postoperative Tage	Tage nach Einstellung auf atmosphärischen Druck	Normale Atmung (mm Hg)		forcierte Atmung (mm Hg)		Husten expir. Maxima (mm Hg)	Breite der normalen Atmung (mm Hg)	Mittelwert der normalen Atmung (mm Hg)
		expir.	inspir.	expir.	inspir.			
19.	16.	+ 3	- 3	+ 3	- 8	+50	6	+0
20.	17.	+ 1	- 5	+ 4	- 9	+47	6	-2
21.	18.	± 0	- 3	+13	- 5	+32	3	-1,5
22.	19.	± 0	- 5	+13	-11	+67	5	-2,5
23.	20.	- 2	- 7	+ 5	-11	+60	5	-4,5
25.	22.	+ 8	- 2	+11	- 6	+67	10	+3
29.	26.	+ 3	- 4	+ 7	- 9	+77	7	-0,5
34.	31.	- 2	- 7	- 1	-15	+57	5	-4,5
37.	34.	- 4	- 9	± 0	-13	+60	5	-6,5
42.	39.	- 6	-12	-	-	-	6	-9

Tabelle 2, Paul H., 58 Jahre

postoperative Tage	Tage nach Einstellung auf atmo- sphärischen Druck	Normale Atmung (mm Hg) expir..inspir..	forcierte Atmung (mm Hg) expir..inspir..	Husten expir.. Maxima (mm Hg)	Breite der normalen Atmung (mm Hg)	Mittelwert der normalen Atmung (mm Hg)		
5.	2.	- 1	- 7	- 3	-17	+43	8	-4
6.	3.	+ 4	- 7	+ 7	-10	+50	11	-1,5
7.	4.	+10	- 2	+ 3	-11	+37	12	+4
8.	5.	+ 3	- 6	+10	-10	+80	9	-3
9.	6.	+ 7	- 5	+ 8	- 9	+73	12	+1
10.	7.	+ 2	- 7	+ 8	- 9	+47	9	-2,5
11.	8.	+ 7	- 3	+ 9	- 5	+63	10	+2
13.	10.	+ 5	- 7	+11	- 6	+87	12	-1
15.	12.	+ 3	- 5	+ 5	- 9	+63	8	-1
20.	17.	+ 1	- 6	+ 4	-11	+87	7	-2,5
23.	20.	+ 3	- 7	+ 5	- 8	+90	10	-2
27.	24.	+ 3	- 8	-	-	-	11	-2,5

Tabelle 3, Wilhelm K., 56 Jahre

postoperative Tage	Tage nach Einstellung auf atmosphärischen Druck	Normale Atmung (mm Hg) expir., inspir.	forcierte Atmung (mm Hg) expir., inspir.	Husten expir., Maxima (mm Hg)	Breite der normalen Atmung (mm Hg)	Mittelwert der normalen Atmung (mm Hg)	
4.	1.	+26	- 9	+32	-18	+94	+8,5
5.	2.	+16	-14	+34	-20	+92	+1
6.	3.	+15	-10	-	-	+190	+2,5
8.	5.	+19	-11	+48	-16	+288	+4
9.	6.	+ 8	- 8	+25	-26	+108	+0
11.	8.	+10	-14	+20	-23	+176	-2
19.	16.	+ 9	-19	+15	-26	+72	-5
26.	23.	+ 2	- 6	+ 5	-10	+23	-2
33.	30.	≈ -0,5	- 1,75	- 1,5	- 1,5	- 3	-0,5

Tabelle 4, Richard F., 60 Jahre

postoperative Tage	Tage nach Einstellung auf atmo- sphärischen Druck	Normale Atmung (mm Hg) expir. inspir.	forcierte Atmung (mm Hg) expir. inspir.	Husten Maxima exspirat. (mm Hg)	Breite der normalen Atmung (mm Hg)	Mittelwert der normalen Atmung (mm Hg)		
11 1/2 Mon.	14.	+14	+ 9	+17	+11	+29	5	+12,5
	0.	+ 3	- 5	+ 7	-13	+31	8	- 1
13 Mon. (16.6.)	1.	+15	+10	+18	+ 3	+348	5	+12,5
(17.6.)	2.	+10	-32	+18	-56	+184	42	-11
(18.6.)	1.	+10	± 0	-	-	-	10	+ 5

Tabelle 5, Johann H., 57 Jahre

postoperative Tage Tage	Tage nach Einstellung auf atmo- sphärischen Druck	Normale Atmung (mm Hg) expir., inspir.	forcierte Atmung (mm Hg) expir., inspir.	Husten expir., Maxima (mm Hg)	Breite der normalen Atmung (mm Hg)	Mittelwert der normalen Atmung (mm Hg)
3 1/2 Mon.	0.	+ 4	-14	-	18	-5
4 Mon. (26.7.)	1.	+ 6	+ 1	+ 5	- 7	+3,5
(27.7.)	2.	+11	+ 1	+ 7	-12	+6

Tabelle 6, Matthias W., 58 Jahre

postoperative Tage	Tage nach Einstellung auf atmosphärischen Druck	Normale Atmung (mm Hg) expir. inspir.	forcierte Atmung (mm Hg) expir. inspir.	Husten Maximale expirator. (mm Hg)	Breite der normalen Atmung (mm Hg)	Mittelwert der normalen Atmung (mm Hg)
12.	9.	+ 6	± 0	-	6	+ 3
22.	0.	+ 4	- 1	- 7	+ 43	+ 1,5
45.	23.	- 1	- 17	- 29	+ 54	- 9
52.	30.	+ 12	- 17	+ 42	+ 304	- 2,5
63.	41.	± 0	- 34	- 58	+ 224	- 17
70.	48.	- 3	- 17	-	-	- 10

Tabelle 7, Wilhelm H., 55 Jahre

postoperat. Tage	Tage nach Einstellung auf atmo- sphärischen Druck	normale Atmung (mm Hg)		Breite der normalen Atmung (mm Hg)	Mittelwert der norma- len Atmung (mm Hg)
		expir.	inspir.		
1.	1.	+15	-16	1	-15
2.	2.	- 3	-10	13	- 7,5
3.	3.	- 4	- 7	11	- 5,5
4.	4.	+ 4	- 5	9	- 0,5
5.	5.	+17	-13	30	+ 2
16.	1.	+20	+12	8	+16
17.	0.	+10	+ 2	8	+ 6
19	2.	$\approx$ +2		-	+ 2
20.	3.	+10	+ 2	8	+ 6
23.	2.	+19	+16	3	+17,5
39.	3.	+ 4,5	- 2,5	6	+ 2
41.	5.	+ 6	$\pm$ 0	6	+ 3
42.	6.	+ 8	+ 6	2	+ 7
43.	7.	+ 3	$\pm$ 0	3	+ 1,5
44.	8.	$\approx$ +3		-	+ 3

Tabelle 8, Hund 147

postoperat. Tage	Tage nach Einstellung auf atmo- sphärischen Druck	normale Atmung (mm Hg)		Breite der normalen Atmung (mm Hg)	Mittelwert der norma- len Atmung (mm Hg)
		expir.	inspir.		
11.	1.	+10,5	-12	22,5	-1
12.	2.	+ 6	-13	19	-3,5

Tabelle 9, Hund 152

postoperat. Tage	Tage nach Einstellung auf atmo- sphärischen Druck	normale Atmung (mm Hg)		Breite der normalen Atmung (mm Hg)	Mittelwert der norma- len Atmung (mm Hg)
		expir.	inspir.		
7.	0.	-0,5	- 7	6,5	- 3
8.	1.	± 0	-15	15	- 7,5
10.	3.	≈ -25		-	-

Tabelle 10, Hund 154

postoperat. Tage	Tage nach Einstellung auf atmo- sphärischen Druck	normale Atmung (mm Hg)		Breite der normalen Atmung (mm Hg)	Mittelwert der norma- len Atmung (mm Hg)
		expir.	inspir.		
13.	4.	+1	-7	8	-3
14.	5.	+0,5	-8	8,5	-3
15.	6.	+1,5	-6	7,5	-2
16.	7.	-2	-3	1	-2,5

Tabelle 11, Hund 156

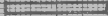
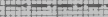
postoperat. Tage	Tage nach Einstellung auf atmo- sphärischen Druck	normale Atmung (mm Hg)		Breite der normalen Atmung (mm Hg)	Mittelwert der norma- len Atmung (mm Hg)
		expir.	inspir.		
5.	1.	+5	-14	19	-4,5

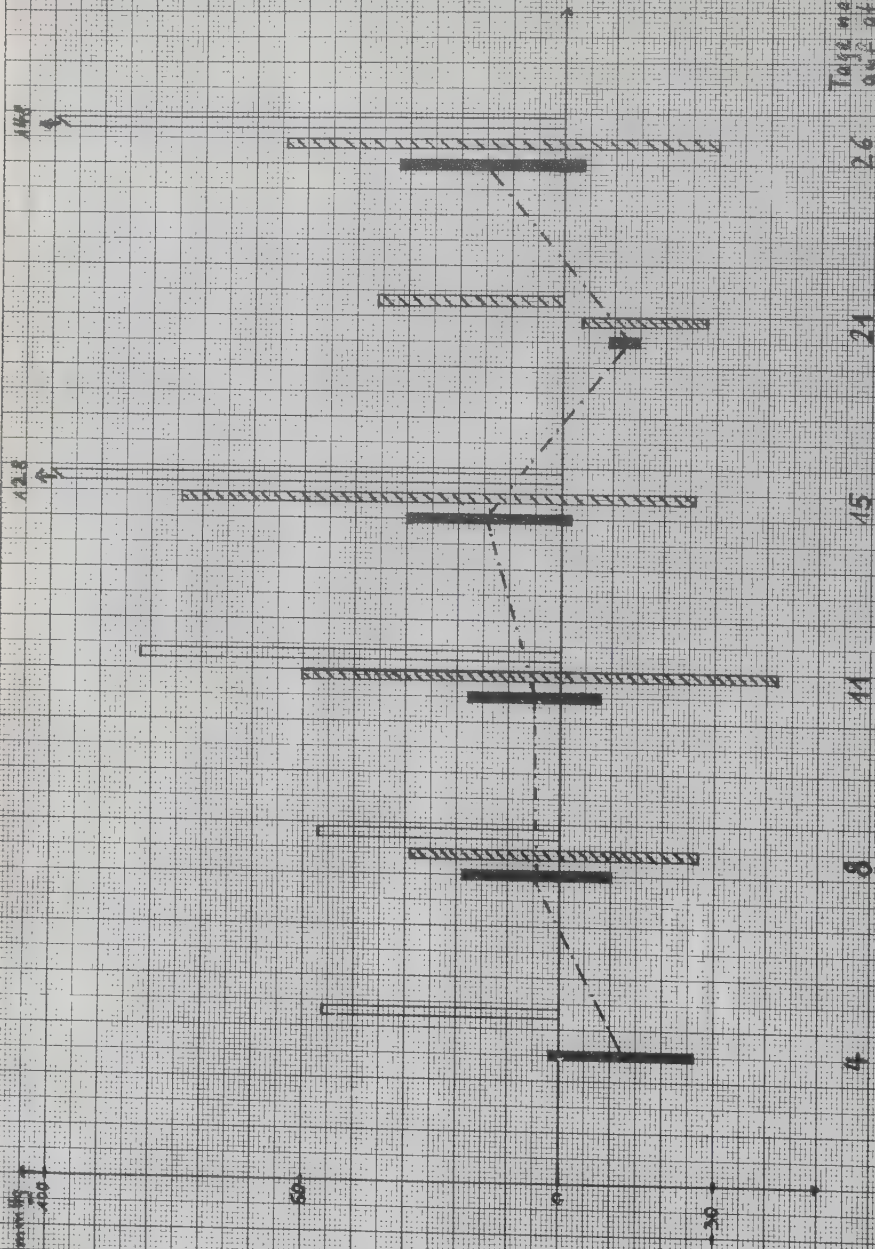
Tabelle 12, Hund 157

postoperat. Tage	Tage nach Einstellung auf atmo- sphärischen Druck	normale Atmung (mm Hg)		Breite der normalen Atmung (mm Hg)	Mittelwert der norma- len Atmung (mm Hg)
		expir.	inspir.		
6.	0.	+3	-4	7	-0,5
7.	1.	+3	-7	10	-2

Tabelle 13, Hund 158

Zeichenerklärung

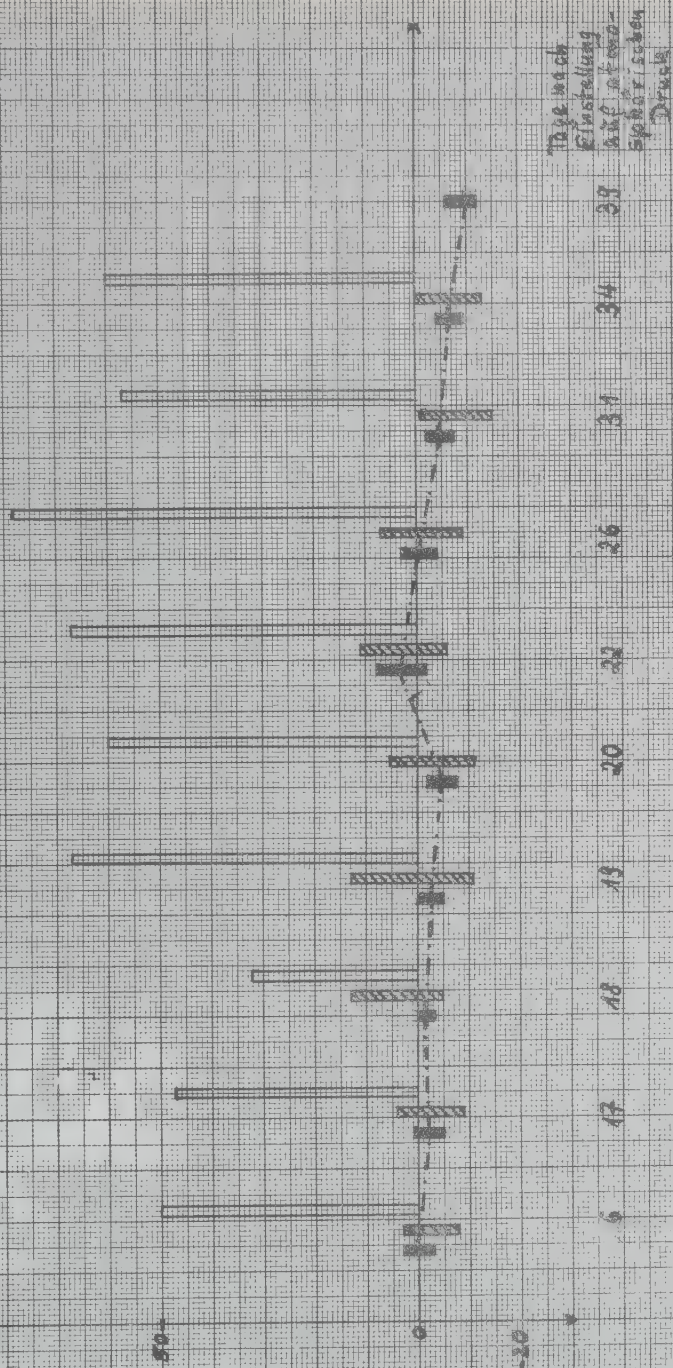
-  = normale Atmung
-  = forcierte Atmung
-  = Husten - expirat. Maxima
-  = Mittelwert der normalen Atmung



Tage nach Einstellg.
auf atmosphärischen
Druck

zu Tabelle 1, Brno K., 10^{1/2} Jahre

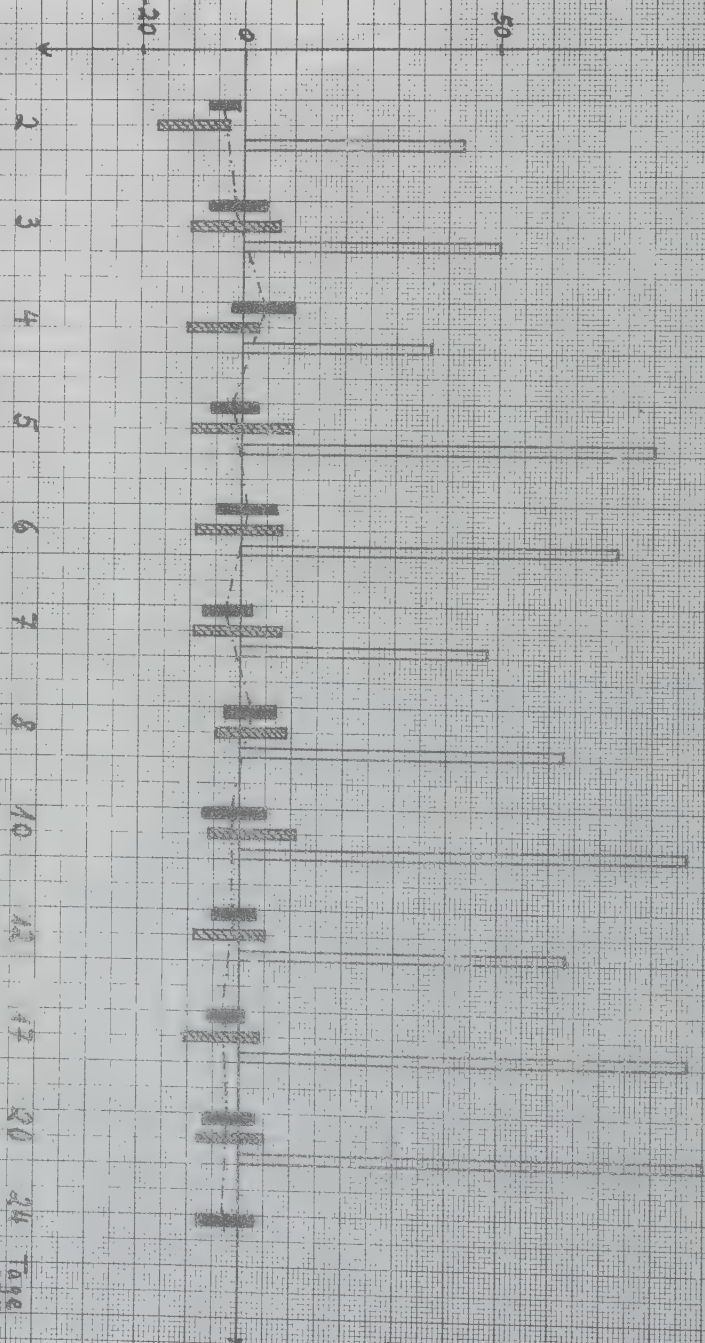
mm 1/10



Maß nach
Einstellung
auf atmo-
sphärischen
Druck

zu Tabelle 2, Teil H, 58. folie

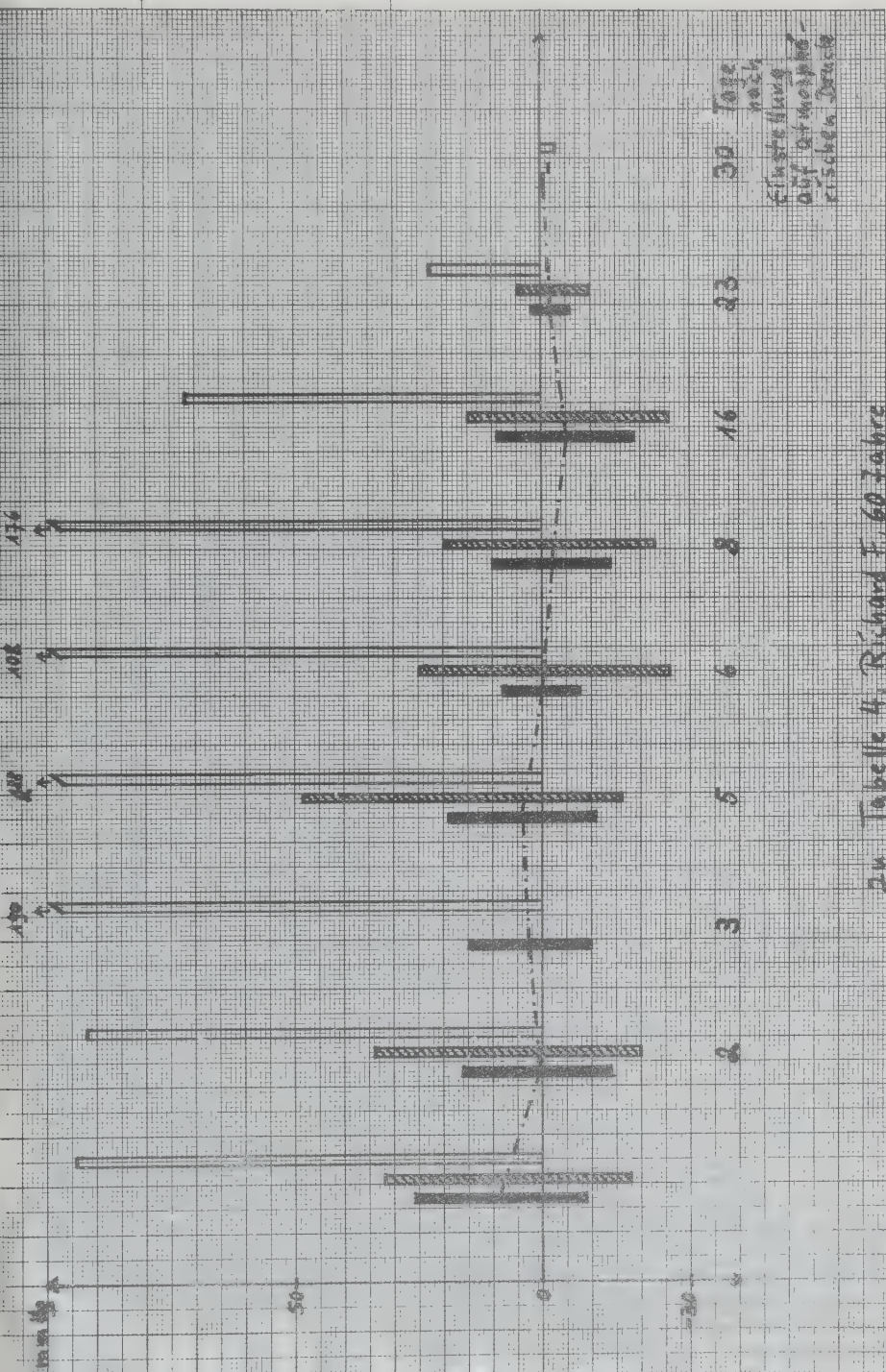
Wahrscheinlichkeit



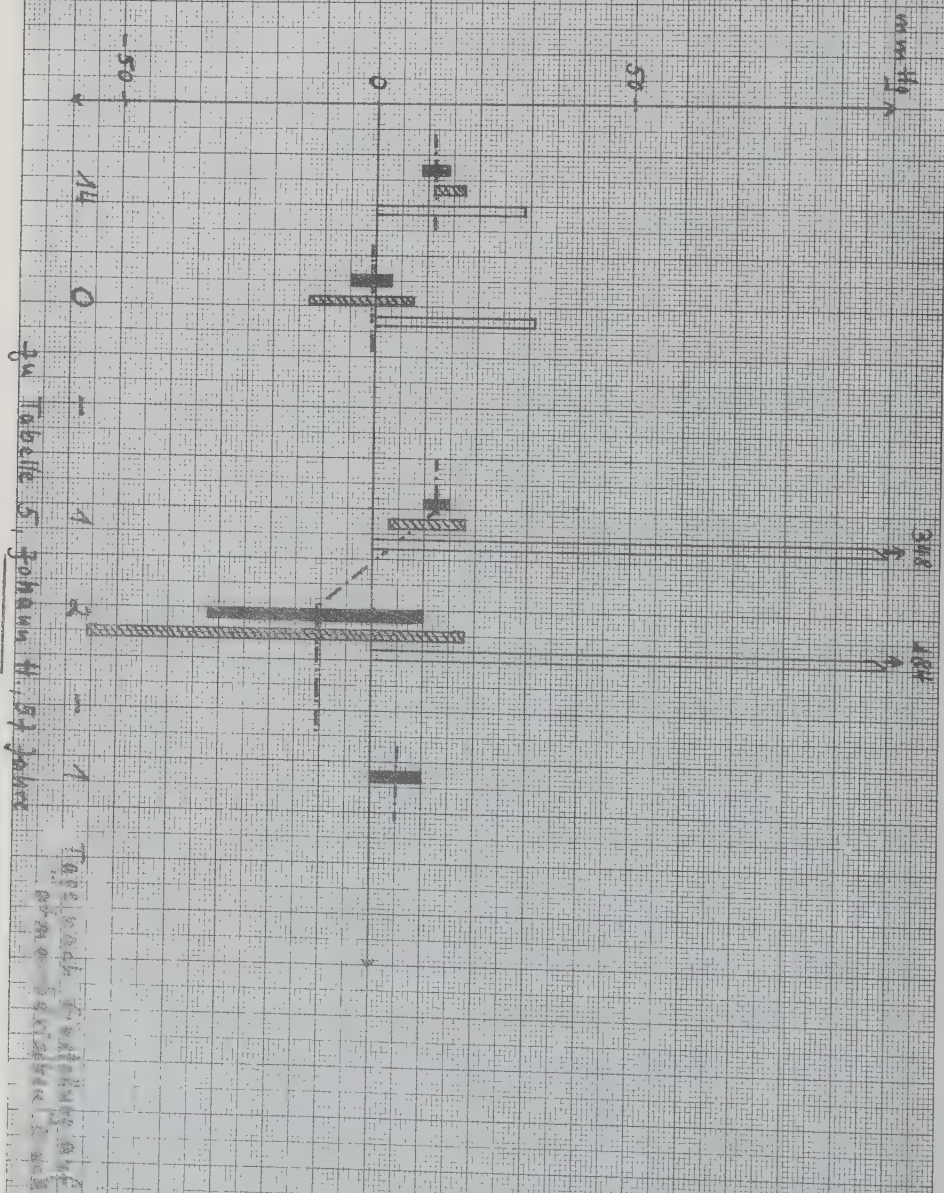
24. Tabelle 3. Wahrscheinl. 24 Jahre

6. 2. 1944
 10. 11. 1944
 12. 12. 1944

nach
 1. 1. 1945



Zu Tabelle 4. Richard F. 60 Jahre



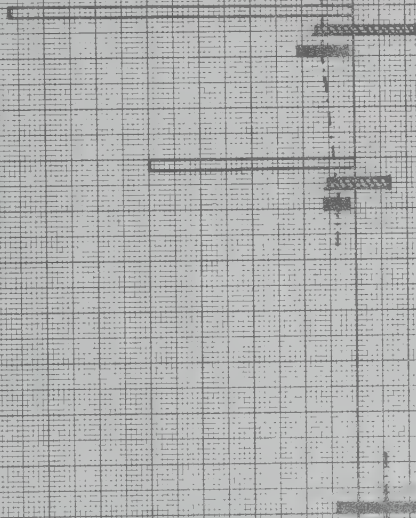
5000 1/2

500

0

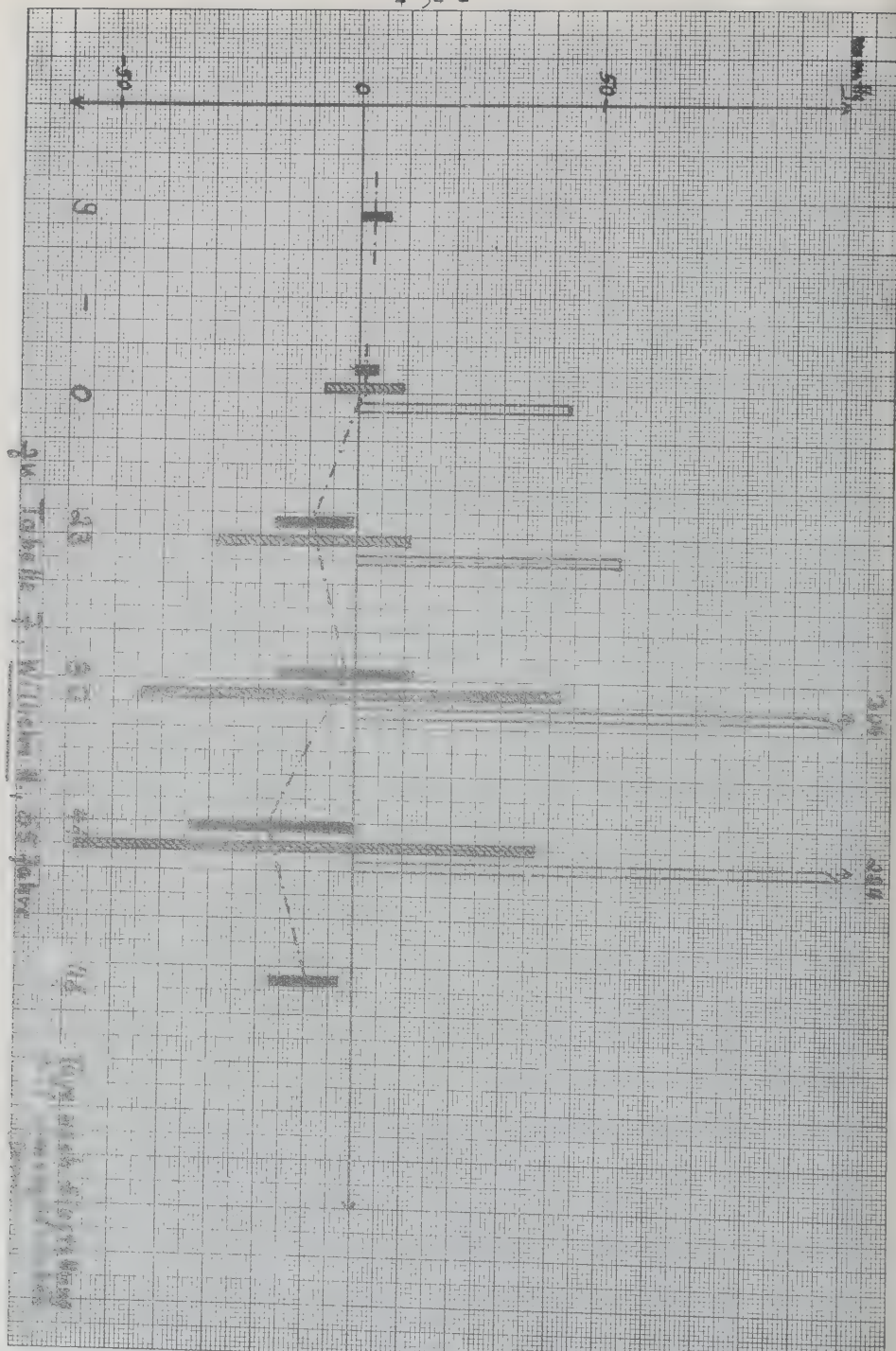
500

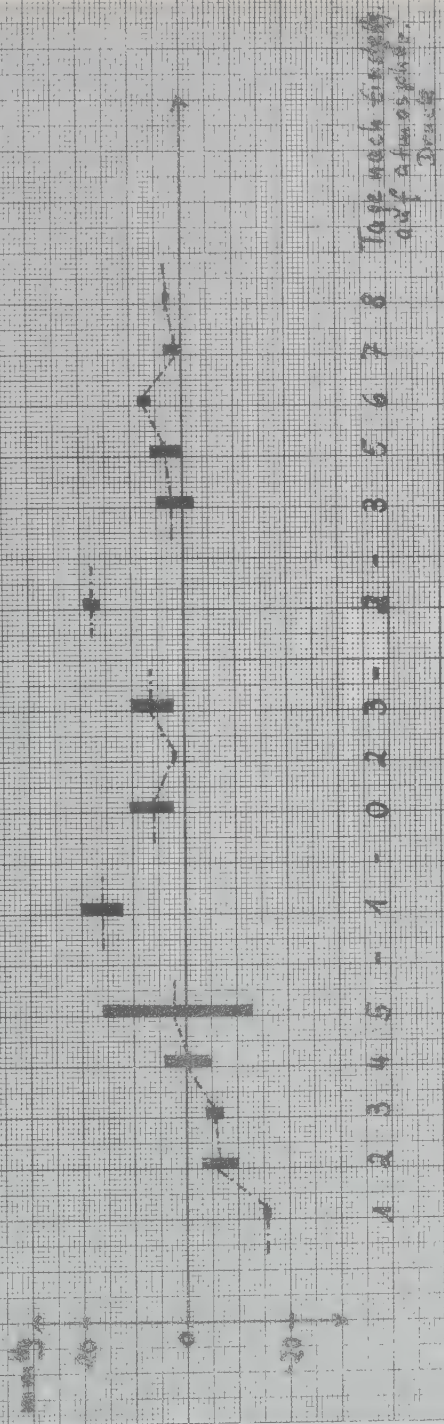
5000



Tage nach Einstellung
auf einen festen
Druck

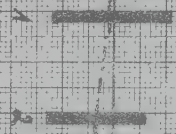
zu Tabelle 6, Maßstab 1:5000





In Tabelle 8, Hund 147

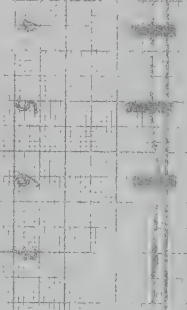
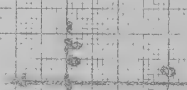
mm Hg



1
2
Tage nach Erstellen
und atmosphärische
Druck

zu Tabelle 9, Band 154

mm Hg



1
2
Tage nach Erstellen
und atmosphärische
Druck

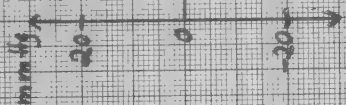
zu Tabelle 10, Band 154

mm Hg



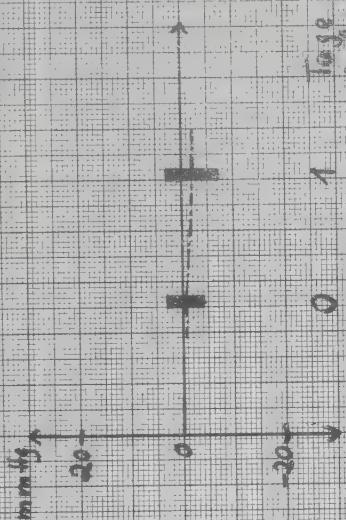
1
2
Tage nach Erstellen
und atmosphärische
Druck

zu Tabelle 10, Band 154



Tage nach
Einstellung
auf atmosph.
Druck

zu Tabelle 12, Hund 157



Tage nach Einstellung
auf atmosph. Druck

zu Tabelle 13, Hund 158

L i t e r a t u r a n g a b e n

1. Adams, W.E., Fritz, J.M. - The use of Paraffin as an aid in obliterating the pleural space following total Pneumonectomy.
Ann. Surg. 136 (1952), 18
2. Adelberger - Thoraxchirurgie 4(1956/57), 191
3. Alexander, J. - Observations on total pulmonariy lobectomy and pneumonectomy.
Ann. Surg. 101 (1935), 393
4. Behrend, A., Mann, F.C. - Some postoperative effects of pneumonectomie.
J. Thorac. Surg. 6 (1936/37), 685
5. Birath, G., Crafoord C., Rudström, P. - Pulmonary function after pneumonectomy and lobectomy.
J. Thorac. Surg. 16 (1947), 492
6. Bolt, W., Stanischeff A., Zorn, O. - Intrakardiale Druckmessungen vor und nach Lungenresektionen.
Münchn. Med. Wschr. 1 (1951), 574
7. Bremer, J.L. - The fate of the remaining Lung tissue after lobectomy or pneumonectomy.
J. Thor. Surg. 6 (1936/37), 336
8. Brock, R.C. - The fate of the pleural cavity after pneumonectomy.
14. Congr. Soc. Int. Chir. 1951, Bruxelles 1952, S. 1025
9. Brückner, H. - Die postoperativen Veränderungen am Tracheobronchialbaum, am Zwerchfell und am Thorax nach lungenchirurgischen Eingriffen, beobachtet am Veratmungsröntgennativbild.
Thoraxchirurgie 4 (1956/57), 42
10. Brückner, H. - Eine kritische Betrachtung zur Frage der Korrekturoperationen bei mediastinaler Deviation nach Pneumonektomie unter besonderer Berücksichtigung der Phrenikuslähmung.
Bruns Beitr. klin. Chir. 194 (1957), 408
11. Brunner-Hentschen-Heusser-Zentzer u.a. - Lehrbuch der Chirurgie, Bd. II, S. 1115 ff.
Verlag Benno Schwabe & Co., Basel

12. Brunner, A. - Die Mediastinalhernie in ihrer Bedeutung für die Thoraxchirurgie.
Langenbecks Arch. 273 (1953), 513
13. Fleiner - Resorption corpuskulärer Elemente durch Lungen und Pleura.
Virchows Arch. 112 (1888), 97 u. 282
cit. nach Grober
14. Fräntzel, O. - Die Krankheiten der Pleura.
v. Ziemssens Handbuch 1875
cit. nach Grober
15. Frey, E.K. - Rückblick und Ausschau in die Entwicklung der modernen Thoraxchirurgie.
Langenbecks Arch. 276 (1953), 337
16. Frey, E.K. - Das Schicksal der Resthöhle nach Pneumonektomie.
14.Congr.Int. Soc.Chir. 1951, Bruxelles 1952, S.1049
17. Gaensler, E.A., Strieder, J.W. - Progressive changes in pulmonary function after pneumonectomy.
J. Thor. Surg. 22 (1951), 1
18. Gale, J.W., Curreri, A.R., Young, W.P., Dickie - Plastic sponge prothesis following resection in pulmonary tuberculosis.
J. Thor. Surg. 24 (1952), 587
19. Gallinaro, A.E. - Il cavo residuo dopo interventi di exeresi polmonare.
Arch. Chir. Torace 12 (1955), 321
20. Geissendörfer, R. - Folgen nach Lobektomie und Pneumonektomie.
Ergebnisse der Chirurgie 35 (1949), 159
21. Gonzales, M. - Il cavo residuo dopo pneumonectomia..
Arch. Chir. Torace 8 (1954), 117
22. Grober, J.A. - Die Resorptionskraft der Pleura.
Beitr. pathol. Anat. und Pathol. 30 (1901), 267
23. Harlacher, A. - Das Schicksal der Resthöhle nach Pneumonektomie.
Inaug. Diss. München 1953
24. Hellin, D. - Die Folgen der Lungenexstirpation.
Arch. exper. Pathol. 55 (1906), 21

25. Herzog, H. - Endothorakaler Druck.
Thoraxchirurgie 5 (1958), 282
26. Hofbauer, Ludwig - Atmungspathologie und - therapie.
Springer-Verlag Berlin 1921, S. 17
27. Jagdschian, V., Neuhaus, G., Graumann, W.
Der Chirurg 5 (1958), 199
28. Janker, R. - Röntgenkinematographische Untersuchungen bei Druck-
veränderungen im Brustraume von Versuchstieren.
Dtsch. Ztschr. Chir. 232 (1931), 570
29. Johnson, J., Kirby, Ch.K., Lazatin, C.S., Cocke, J.A. - The cli-
nical use of a prothesis to prevent overdistension of
the remaining lung following pneumonectomy.
J. Thorac. Surg. 18 (1949), 164
30. Jost, W. - Z. Naturforschung 43 (1949), 318
31. Kawamura, K. - Experimentelle Studien über die Lungenexstirpation.
Dtsch. Ztschr. Chir. 131 (1914), 189
32. Killian, H. - Die Chirurgie des Mediastinum und des Ductus tho-
racicus.
Georg Thieme-Verlag Leipzig (1940), S. 44 ff.
33. Killian, H. - Lungenentfaltung, Lungenzug und die Unterdruck-
förderung des Kreislaufs.
Ztschr. f. Chir. 253 (1940), 621
34. Kölling, H.L. - Besonderheiten in der Röntgen-Symptomatologie
nach Lungenresektionen.
Fortschr. Röntgenstr. 84 (1956), 34
35. Klassen, K.P., Andrews, N.C. - Postpneumonectomy Oleothorax.
J. Thor. Surg. 36 (1958), 199
36. Kraus - Thoraxchirurgie 4 (1956/57), 184
37. Linder, A. - Das Röntgenbild nach Lobektomie und Pneumonektomie.
Fortschr. Röntgenstr. 74 (1951), 648
38. Loeschcke, H. - Experimentelle Untersuchungen über Saftstrom-
und Resorptionswege.
Virchows Arch. 292 (1934), 281

39. Loeschcke, H. - Die Absorption von Gas im Organismus als Diffusionsvorgang.
Klin. Wschr. 29/30 (1956), 801
40. Löhr, B., Gnüchtel, W., Wenz, W. - Röntgenkymographische Untersuchungen der Zwerchfellbeweglichkeit nach thoraxchirurgischen Operationen.
Langenbecks Arch. 281 (1955), 303
41. Longacre, J.J. - Experimental total pneumonectomy.
J. Thorac. Surg. 4 (1934/35), 587
42. Longacre, J.J., Johansmann, R. - An experimental study of the fate of the remaining lung following total pneumonectomy.
J. Thor. Surg. 10 (1941), 131
43. Maier, H.C. - Cardiopulmonary disturbances associated with mediastinal displacement after pneumonectomy.
Surg. 15 (1944), 432
44. Mitolo, M., Caputo, V. - Verhalten des Intrapleural- und des Mediastinaldruckes bei Hunden während der Atmung.
Scientia Medica Italia, Dtsche. Ausg. 4 (1956), 388
45. Naegeli, Th. - Röntgenkinematographische Studien über den Einfluß von Druckveränderungen am Thorax auf Herz und Zirkulation.
Dtsch. Ztschr. Chir. 237 (1932), 396
46. Nehr Korn, O. - Mediastinalverziehungen nach rechtsseitiger Pneumonektomie.
Fortschr. Röntgenstr. 77 (1952), 237
47. Neuhoof, H., Nabastoff, R.A. - An angiographic study of the form and function of the remaining lung after pneumonectomy.
J. Thorac. Surg. 17 (1948), 799
48. Nissen, R. - Exstirpation eines ganzen Lungenflügels.
Zbl. f. Chir. 58 (1931), 3003
49. Paolucci, R. - The fate of the pleural cavity after pneumonectomy.
14. Congr. Soc. Int. Chir. 1951, Bruxelles 1952, S. 1054

50. Peters, R.M., Roos, A., Black, H., Burford, T.H., Graham, E.A. -
Respiratory and circulatory studies after pneumon-
ectomy in childhood.
J. Thorac. Surg. 20 (1950), 484
51. Human physiology, 2nd Edition, Mc-Graw-Hill Book Comp.
New. York 1955, S. 248
52. Rathcke, L. - Beitrag zur Frage der Dekortikation bei der un-
spezifischen Resthöhle.
Bruns Beitr. 184 (1952), 487
53. Rein, H., Schneider, M. - Physiologie des Menschen.
11. Aufl., Springer-Verlag Berlin 1955
54. Rienhoff, W.F., jr. - Interthoracic anatomical readjustments follow-
ing complete ablation of one lung.
J. Thorac. Surg. 6 (1936/37), 254
55. Rienhoff, W.F. - Readjustments in thoracic cage and its contents
following total and partial pneumonectomy.
J. Thorac. Surg. 6 (1936/37), 227
56. Rienhoff, W.R. - J. Thorac. Surg. 18 (1949), 187
57. Rink, H. - Zum Problem der Resthöhle nach Lungenresektion.
Tuberkulosearzt 7 (1955), 398
58. Rosenbach, O. - Die Krankheiten der Pleura.
Nothnagels Handbuch 1894
cit. nach Grober
59. Rossier, P.H., Bühlmann, A. - Die Pathophysiologie der Atmung
nach Lobektomie und Pneumonektomie.
Schweiz. Ztschr. Tuberk. 7 (1950), 1
60. Sauerbruch, F. - Die Chirurgie der Brustorgane.
cit. nach Janker
62. Schneidtzik, W.E.J. - Komplikationen nach Pneumonektomie durch
die Resthöhle und ihre Verhütung.
Der Chirurg, 24 (1953), 151
63. Schwaiger - Thoraxchirurgie 4 (1956/57), 186

64. Semisch, R. - Ein Beitrag zur Frage der Mediastinalhernie nach Pneumonektomie.
Thoraxchirurgie 3 (1955/56), 43
65. Sherry, S., Tillett, W.S., Read, T.C. - The use of Streptokinase-Streptodornase in the treatment of hemothorax.
J. Thorac. Surg. 20 (1950), 393
66. Skokan, Z.V. - Zbl. f. Chir. 83 (1958), 884
cit. nach Z.org. f. Chir. 152 (1958), 1.
67. Spath, F. - Die Chirurgie der Pleura.
Langenbecks Arch. 273 (1953), 482
68. Stiller, H. - Zur Frage der Mediastinalverziehung nach Pneumonektomien.
Langenbecks Arch. 276 (1953), 417
69. Stiller, H. - Thoraxchirurgie 4 (1956/57), 185
70. Stiller, H. - Pathophysiologische Auswirkungen der Mediastinalverziehung nach Lungenresektionen.
Langenbecks Arch. 287 (1957), 238
71. Struchkov, V.L., Skripnichenko, D.F. - The fate of the pleural cavity after radical Lung operations.
Chirurgija 33 (1957), Heft 7, 26
72. Teschendorf - Resorptionszeit von Gasen in der Bauchhöhle.
Arch. f. Experiment. Path. 92 (1922), 302
73. Teschendorf - Resorption von Gasen in der Brusthöhle.
Arch. f. Experiment. Path. 104 (1924), 352
74. Thomas, L.C., Behrend, A., Mann, F.C. - Experimental pneumonectomy.
J. Thorac. Surg. 6 (1936/37), 677
75. Vogt, Helmut - Grundzüge der pathologischen Physiologie.
Urban & Schwarzenberg - Verlag, München 1953
S. 152 und 155
76. Vosschulte, K., Stiller, H. - Über die Bedeutung des Pleurahohlraums bei Störungen und Komplikationen nach Pneumonektomie.
Thoraxchirurgie I (1953/54), 228

77. Weishaar, J. - Nachuntersuchungen nach Pneumon- und Lobektomien unter besonderer Berücksichtigung extrathoracal gelegener Organe.
Der Chirurg 28 (1957), 494
78. Wenzl, M., Strahberger, E. - Form und Lageveränderungen intra- und extrathorakal gelegener Organe nach Pneumonektomie und deren klinische Bedeutung.
Langenbecks Arch. 278 (1954), 248
79. Wenzl, M. - Die Resthöhle nach Pneumonektomie wegen Bronchuskarzinoms.
Krebsarzt 7 (1952), 324
80. Wiemers, K., Kern, E. - Die postoperativen Frühkomplikationen.
Georg Thieme-Verlag, Stuttgart, 1957
81. Zahn, W., Eggs, F. - Das Mittelfellflattern und die Bedeutung der Hohlvenen für das Versagen des Kreislaufs.
Zschr. f. Chir. 240 (1933), 269

Donders - cit. nach Zahn

v. Neergaards - cit. nach Brunner

Felix - cit. nach Zahn

Frick - cit. nach Geissendörfer

L e b e n s l a u f

Am 30. März 1931 wurde ich als erstes von 5 Kindern des Reichsbankinspektors Hans Sautter und seiner Ehefrau Anne, geb. Seybold zu Wiesbaden geboren. Nach dem Besuch der Grundschule in Wbn.-Biebrich wurde ich in das Humanistische Gymnasium Wiesbaden aufgenommen. Meine weitere Schulbildung erhielt ich, bedingt durch die Kriegsereignisse, am Jakob-Sturm-Gymnasium in Straßburg, der Immelmann-Oberschule Villingen, den O.f.J. Schwäbisch Gmünd und Stgt.-Feuerbach und legte im Sommer 1950 die Reifeprüfung am Humanistischen Gymnasium in Rottweil/Neckar ab. Unmittelbar danach trat ich als Kleriker in das Noviziat der Salesianer Don Boscos ein und verbrachte die Jahre 1951 bis 1954 als Erzieher im Jugendheim Salesianum in München. Im Wintersemester 1954 begann ich das Studium an der medizinischen Fakultät der Universität Erlangen; Im Sommersemester 1956 immatrikulierte ich mich an der Universität München und legte dort im April 1957 die Ärztl. Vorprüfung ab. Vom Sommersemester 1957 bis Wintersemester 1960 war ich wieder an der Universität Erlangen zum klinischen Studium eingeschrieben und legte im Frühjahr 1960 die Ärztl. Prüfung vor dem Prüfungsausschuß in Erlangen ab. Seit 15. August 1960 bin ich als Medizinal-Assistent am Kreiskrankenhaus Roth/Nürnberg tätig. Am 4. Juni 1959 heiratete ich die Studien-Referendarin Rosemarie Schmidt.

GEDRUCKT BEI LUDWIG MÜLLER ERLANGEN